JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

X. Jahrgang 1899.

Mit sieben Tafeln in Schwarzdruck.

EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandluug
Leipzig 1900.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1898. Die Relativzahlen der Sonnenflecke sind wie gewöhnlich von A. Wolfer festgestellt worden[1]). Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate auf Grund der in Zürich und an 17 andern Orten angestellten Beobachtungen, und zwar bezeichnet m die Zahl der fleckenfreien Tage, n die Beobachtungstage und r die mittlere Relativzahl.

1898	m	n	r
Januar	1	31	30.2
Februar	3	28	36.4
März	5	31	38.3
April	9	30	14.5
Mai	0	31	25.8
Juni	1	30	22.3
Juli	11	31	9.0
August	2	31	31.4
September	0	30	34.8
Oktober	0	31	34.4
November	0	30	30.9
Dezember	7	31	12.6
Jahr	39	365	26.7

Das Jahresmittel der Relativzahlen stellt sich hiernach für 1898 auf r = 26.7.

»Es hat also auffallender Weise, bemerkt Prof. Wolfer, seit dem Vorjahre (r = 26.2) nicht nur keine Abnahme, sondern im Gegenteil eine, wenn auch minimale Zunahme von einer halben Einheit stattgefunden, d. h. das Jahresmittel ist thatsächlich nahe konstant geblieben. Daraus ist indessen keineswegs zu schliessen, dass

[1]) Astron. Mitteilungen von Wolfer, No. 90. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. in Zürich 1899. p. 315 u. ff.

das kommende Minimum schon in nächster Zeit bevorstehe und vermutlich kein tiefes sein werde; denn erstlich liegt das Jahresmittel immer noch weit über den höchsten aller bis jetzt beobachteten Minima, und anderseits sind seit dem letzten Maximum (1894.1) erst $4^1/_2$ Jahre verflossen, d. h. ein Zeitraum, der zufolge der Epochentafel der Maxima und Minima immer noch kürzer ist als alle bisher beobachteten zeitlichen Abstände eines Minimums vom vorangehenden Maximum, mit einziger Ausnahme des Falles von 1830—1834. Das verhältnismässig hohe Jahresmittel wird wohl in der Hauptsache durch die starke und andauernde Neuzunahme der Fleckenbildung von Anfang August bis Mitte November veranlasst, wie denn von diesen vier Monaten nur der August zwei fleckenfreie Tage aufweist. Es liegt also ohne Zweifel nur eine vorübergehende Anomalie, ein zeitweises Stationärbleiben der Thätigkeit vor, wie es mehrfach in frühern Perioden, so z. B. 1863—1864, 1876—1877 sich gezeigt hat. Mit der schwachen Veränderung des Jahresmittels steht die geringe Zunahme der fleckenfreien Tage von 32 auf 38 in Übereinstimmung, doch weist deren etwas grössere Zahl immerhin auf die fortschreitende, wenn auch langsame Abnahme der Thätigkeit hin.«

»Die täglichen Relativzahlen zeigen eine Abnahme der sekundären Schwankungen. Zwei Gruppen von stärkern sekundären Erhebungen treten hervor, die eine am Anfange des Jahres, die andere vom August bis November. Zwischen beiden liegt eine Periode relativ geringer und wenig veränderlicher Thätigkeit von Ende März bis Ende Juli; der zweiten Gruppe folgt eine zweite Ruheperiode von Mitte November bis Ende des Jahres. Die drei Maxima der ersten Gruppe erreichen zum Teil noch ganz beträchtliche Höhen, bis gegen die Relativzahl 100 hin, diejenigen der zweiten halten sich fast genau auf dem gleichen Niveau von ca. 70.

Beide Gruppen zeigen wieder die charakteristische regelmässige Folge der einzelnen Erhebungen, sowie der zwischenliegenden Minima in Intervallen von ungefähr einer synodischen Sonnenrotation von 27^d.

Die drei Maxima am Anfang des Jahres entsprechen offenbar derselben Rotationsphase, ebenso noch das nachfolgende kleinere von Anfang April; dagegen stehen sie nicht in Beziehung zu dem sekundären Maximum vom Dezember vorigen Jahres, obwohl sie unmittelbar auf dieses folgen. Der Thätigkeitsbezirk, durch den die vier ersterwähnten sekundären Erhebungen erzeugt werden, ist von jenem, dem das Dezembermaximum entspricht, ganz verschieden und liegt ihm annähernd diametral gegenüber. Eine ähnliche Folge bilden die vier sekundären Maxima und deren zwischenliegende Einsenkungen in der zweiten Hälfte des Jahres. Maxima einerseits, Minima anderseits folgen sich hier je mit grosser Regelmässigkeit bei nahe denselben Rotationsphasen der Sonne, sind also auch hier wesentlich nur der ungleichen Verteilung der Fleckenbildung in heliographischer Länge, bezw. deren Anhäufung auf einem speziellen beschränkten Gebiete zuzuschreiben.

Das erste Maximum um den 20. Januar herum rührt von einer Anhäufung von Fleckengruppen in den Längen 340°—250 her, steht also, wie schon bemerkt wurde, mit dem Maximum vom Dezember 1897, welches durch Fleckengruppen in L = 100—80° erzeugt wurde, in keiner Verbindung; die letztere Gegend war im Gegenteil während des Januars fast ganz fleckenfrei, daher das Minimum von Ende Januar. Das zweite Maximum kommt von einer grossen Gruppe in L = 350—330°, welcher in L = 260—250° zwei weitere ebenfalls ziemlich bedeutende folgten; die entgegengesetzte

Halbkugel zeigte nur zwei wenig entwickelte Gruppen in L = 140° und 70°, denen das Minimum von Ende Februar entspricht. Das dritte Maximum rührt von einer neuen grossen, sehr stark und rasch entwickelten Gruppe in L = 360° und zwei andern in L = 360° und 350° her; der Austritt dieses starken Thätigkeitsgebietes bedingte den raschen Abfall der Kurve gegen Ende März; die gegenüberliegende Halbkugel zeigte wieder nur ganz wenige kleine Fleckengruppen. Das kleine Maximum von Anfang April ist durch die Wiederkehr der vorigen grossen Gruppe bewirkt, die aber inzwischen stark an Umfang abgenommen hatte; einige kleine Fleckengruppen waren östlich von ihr entstanden, aber von kurzer Dauer. Dem Austritte dieser Gruppe am 14. April folgte abermals ein dauerndes Minimum von fleckenfreien Tagen; in der gegenüberliegenden Halbkugel war die Thätigkeit immer noch nahe Null. In der folgenden Rotationsperiode war die frühere grosse Gruppe in L = 360° vollständig verschwunden, und es zeigten sich nur ganz wenige kleine Gruppen auf der Sonne, bis 6. Mai neuerdings eine grössere in L = 260° eintrat, die aber in der nächsten Rotation bereits wieder aufgelöst war.

Die sekundären Maxima der vier ersten Monate des Jahres sind also in der Hauptsache durch eine Ansammlung von Fleckengruppen auf einem Gebiete erzeugt, das sich ungefähr über die Normallängen L = 360—250° erstreckte, während die übrigen Teile der Fleckenzone verhältnismässig schwach besetzt erschienen. Von Ende März an machte sich eine allgemeine Abnahme der Thätigkeit bemerkbar; sie blieb bis Ende Juli auf niederem Niveau und ohne ausgesprochenes Vorwiegen an bestimmten Stellen der Sonnenoberfläche.

Ein neues Anwachsen begann Anfang August in L = 280, 250, 210, 170°, wo mehrere ansehnliche Gruppen auftraten und das Maximum in den ersten Tagen des August erzeugten; auch in L = 120° machte sich neue Thätigkeit bemerkbar, daher die kleine Erhebung vom 14. August. Nach dem Austritte des letztern Fleckengebietes folgte sodann ein Minimum, nämlich eine Reihe fast ganz fleckenfreier Tage, nur von einigen wenig bedeutenden sporadischen Bildungen unterbrochen. Ende August erschienen am Ostrande wieder Gruppen in L = 265 und 210°, denen eine ganz schwache Wiederholung des Maximums von Anfang August entspricht, und am 3. September trat die ungewöhnlich grosse Gruppe L = 110—98° ein, welche das stärkste Fleckengebiet und die interessanteste Erscheinung auf der Sonne in diesem Jahre repräsentierte und das Maximum von Mitte September veranlasste. Der übrige Teil der Fleckenzone wies nur einige kleine zerstreute Gruppen auf. Die Wiederkehr der grossen Gruppe in L = 110° bewirkte das Maximum im Anfang Oktober, wo auch in L = 130 und 135° neue Gruppen geringern Umfanges sich gebildet hatten, während die gegenüberliegende Gegend nur wenige schwach entwickelte Gruppen zeigte. Eine neue beträchtliche Gruppe erschien am 22. Oktober am Ostrande in L = 170°; es folgte ihr sodann ein schwacher Rest der Gruppe in L = 100°, sowie eine etwas grössere in L = 70° und zwei weitere in ca. 30°. Alle diese zusammen erzeugten das andauernde Maximum zu Ende Oktober und Anfang November, dem nun nach Austritt der oben erwähnten Gruppe in L = 170° eine anhaltende Minimalperiode folgte; eine kleine Erhebung wurde nochmals Anfang Dezember durch die Wiederkehr zweier Gruppen in L = 70° und einer neuen in L = 350° veranlasst. Sonach sind die von Mitte August bis Anfang Dezember sich regelmässig nach einer Rotation folgenden Maxima wesentlich der Ausdruck einer während ungefähr vier Rotationen bestehenden Ansammlung von Fleckengebieten in den Normallängen zwischen etwa 170 und 70°, mit einer Konzentration in der Länge 110°, dem Orte der grossen Septembergruppe. Bemerkenswert ist, dass die beiden Hauptgebiete, denen bezw. in der ersten und zweiten Hälfte des Jahres je die stärksten Fleckenansammlungen entsprechen, sich ungefähr gegenüberliegen; das erste Gebiet erstreckte sich von L = 360—250°, das zweite von 170—70°.

Der grosse Sonnenfleck vom September 1898 wurde von W. H. Robinson in der Nähe des Sonnenrandes beobachtet. September 15, 3^h 45^m lag er genau im Rande, und an dem Orte desselben erschien eine kleine helle Erhöhung, ähnlich wie ein beleuchteter Mondkrater in der Lichtgrenze des Mondes. [1])

Einfluss der Sonnenflecke auf den Durchmesser der Sonne. Auf der Sternwarte zu Charkow hat J. Sykora Beobachtungen über den scheinbaren Durchmesser der Sonne angestellt, indem derselbe in der Richtung, in welcher eine Gruppe von Flecken am Rande auftauchte oder verschwand, gemessen wurde. Die Beobachtungen geschahen an einem 6-zölligen Refraktor, indem das Bild der Sonne samt dem der Mikrometerfäden auf einen Schirm projiziert wurde. Der Beobachter mass auf diese Weise den Durchmesser in der Richtung der Fleckengruppe und noch je einen Durchmesser in der Nähe rechts und links von diesem. Folgende Tabelle enthält einige Ergebnisse; in derselben bezeichnet a den scheinbaren Durchmesser der Sonne (in Zeit) in der Richtung des Fleckes, b und c benachbarte Durchmesser rechts und links davon:

	a	b	c
22. Juni	2^m 8.62^s	2^m 8.38^s	2^m 7.97^s
5. Juli	8.37	8.04	8.21
12. »	9.30	8.27	8.27
5. September .	8.52	8.25	8.44
9. » .	8.41	8.29	8.36

Aus diesen Zahlen würde sich ergeben, dass in der Umgebung der Fleckengruppen eine Erhebung der Sonnenoberfläche stattfindet. [2])

Die Linien des Sauerstoffs im Sonnenspektrum. Auf Veranlassung von Janssen hat Graf de la Baume-Pluvinet auf dem Gipfel des Mont-Blanc im Sommer 1898 photographische Aufnahmen des Sonnenspektrums ausgeführt behufs Untersuchung der sogenannten Sauerstofflinien in diesem Spektrum. Diese Linien (die Gruppe B) erschienen in jener Höhe sehr schwach, was die Ergebnisse Janssens in den Jahren 1888, 1890 und 1893 auf dem Mont-Blanc und zu Meudon völlig bestätigt. Diese Abnahme beweist nach Janssen, dass an der Grenze der Erdatmosphäre diese Linien überhaupt verschwunden sein würden, dass also Sauerstoff, wie er in unserer Lufthülle enthalten ist, in der Sonnenatmosphäre nicht existiert. Die Frage, ob überhaupt auf dem ganzen Sonnenballe kein Sauerstoff vorhanden sei, möchte Janssen indesen nicht unbedingt bejahen, da der Sauerstoff eine so wichtige Rolle auf unserem Planeten spielt, und es deshalb wenig wahrscheinlich sein dürfte, dass derselbe in dem ganzen Sonnenballe, dem Reservoir aller Elementarstoffe unseres Planetensystems, völlig fehlen sollte; vielleicht könnte er

---

1) Monthly Notices 1899. 59. No. 3. p. 156.
2) Bull. Société astr. de France 1899. p. 455.

dort im Zustande noch einfacherer Elemente existieren infolge der hohen Temperaturen, von Elementen, die sich erst bei niedrigerer Temperatur zu unserem Sauerstoffe verbinden.[1])

Kohlenstoff in der Chromosphäre. Nach den Untersuchungen auf der Yerkes-Sternwarte[2]) ist in der Chromosphäre das Bandenspektrum des Kohlenstoffes sichtbar. Von den fünf Streifen desselben wurde der grüne schon 1897 gesehen, der gelbe im August 1899. Zur Sichtbarkeit dieser Banden ist ein sehr mächtiges Teleskop erforderlich. Der Kohlenstoff muss in Gestalt einer weniger als 100 deutsche Meilen hohen Dampfschicht unmittelbar mit der Photosphäre in Kontakt sein.

Die grüne Koronalinie. Im Spektrum der Sonnenkorona kennt man seit 1869 eine helle, grüne Linie, die gemäss ihrer angenommenen Wellenlänge (λ 5316.87) keinem bekannten irdischen Elemente angehört. Die von der Lick-Sternwarte auf Kosten von C. F. Crocker ausgesandte Expedition zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 22. Januar 1899 in Indien hatte deshalb die Aufgabe, wenn möglich, photographische Aufnahmen des Koronaspektrums zu machen. Dies ist ihr in der That gelungen und W. W. Campbell hat Messungen an der erhaltenen Platte ausgeführt, deren Ergebnis er kürzlich mitteilte.[3]) Hiernach ist die bisher angenommene Wellenlänge der grünen Koronalinie irrig, in Wirklichkeit ist sie $\lambda = 5303.26$, die aber auch im Spektrum irdischer Stoffe, soweit bekannt, nicht vorkommt.

Die Beobachtungen der Sonnenfinsternis vom 22. Januar 1898 in Indien durch die von der Britischen Astronomischen Gesellschaft organisierten Expeditionen sind in einem stattlichen Bande veröffentlicht worden.[4]) Diese Beobachtungen liefern wichtige Beiträge zur genauen Kenntnis des Wasserstoffspektrums mit hellen Linien, der Verteilung des Coronium in der Korona und der Änderungen der Gestalt der letztern in Beziehung zur Fleckenperiode. Im ganzen wurden 28 Photographien der Korona erhalten, von denen mehrere die Strahlen bis zu grösserer Entfernung von der Sonne zeigen als alle frühern. Kapitän E. H. Hills hat sehr wichtige Photographien des Sonnenrandspektrums erhalten. Behufs Charakterisierung derselben und ihres überaus reichen Inhaltes sind Teile der beiden Spektra beim zweiten und dritten Kontakte auf Tafel I wiedergegeben und darunter der mit dem nämlichen Instrumente erhaltene entsprechende Teil des gewöhnlichen Sonnenspektrums. Die Wiedergabe ist in $3\frac{1}{2}$facher Vergrösserung des Originales ausgeführt.

---

1) Bull. Société astr. de France 1899. p. 110.
2) Yerkes Observat. Bull. No. 12.
3) Astrophys. Journ. **10.** p. 185.
4) Report of the Expeditions to observe the Total Solar Eclipse of 1898 January 22. London 1899.

Christie ist der Meinung, dass nach seiner photographischen Aufnahme der Korona eine Beziehung der Strahlen zu den Protuberanzen anzunehmen sei. Lockyer kam zu dem Ergebnisse, dass die hellgrüne Koronalinie, welche nach Young's früherer Angabe mit der Chromosphärelinie 1474 K zusammenfallen sollte, thatsächlich nicht mit dieser identisch ist.

Spezieller Kanon der Sonnen- und Mondfinsternisse für das Ländergebiet der klassischen Altertumswissenschaften und den Zeitraum von 900 vor Chr. bis 600 nach Chr. von F. K. Ginzel. Bearbeitet auf Kosten und herausgegeben mit Unterstützung der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften.

Der im Jahre 1887 von Oppolzer herausgegebene »Kanon der Finsternisse« ermöglicht eine vollständige Übersicht der die nördliche Erdhälfte treffenden Sonnen- und Mondfinsternisse. Doch giebt er keine Details über die Sichtbarkeit der Sonnenfinsternisse für ein bestimmtes Ländergebiet; nur für die zentralen liefert er Kurven, welche jedoch nur näherungsweise richtig sind, die Sichtbarkeit der partiellen Sonnenfinsternisse für einen bestimmten Ort muss erst durch nähere Rechnung ermittelt werden. Es bedarf also in jedem Falle bedeutender Rechnungen, wenn für ein bestimmtes Gebiet die Sichtbarkeitsverhältnisse gefordert werden. Ferner enthält Oppolzer's Kanon nicht jene empirischen Korrektionen, welche Ginzel namentlich aus mittelalterlichen historischen Finsternissen abgeleitet hat. Der neue »spezielle Kanon« setzt sich zum Zwecke, Vollständigkeit in diesen Beziehungen zu liefern. Er bringt für sämtliche Sonnenfinsternisse, die in dem Ländergebiete zwischen 350 — 50° östl. L. und 30 — 50° nördl. Br. von 900 vor Chr. bis 600 nach Chr. stattgefunden haben, bis zu jenen herab, welche wenigstens einen Zoll erreichten, die Grösse der Maximalphase von 10 zu 10° Länge und 5 zu 5° Breite in jenem Territorium, ferner, wie gross die Maximalphase jeder Finsternis an den vier Orten Rom, Athen, Memphis, Babylon gewesen ist. Auch enthält das Werk den genauern Verlauf der Zentralitätszonen der Sonnenfinsternisse und bringt dieselben in einem Atlas von 15 Karten zur Darstellung. Ferner wird betreffs der Mondfinsternisse, ausser deren Grösse und Zeit, angegeben, inwieweit dieselben für Rom, Athen, Memphis, Babylon haben sichtbar sein können. Durch diese detaillierten Sichtbarkeitsangaben wird für den obengedachten Zeitraum die Rechnung nach Formeln fernerhin überflüssig gemacht.

Ausserdem enthält das Werk eine neue Bearbeitung sämtlicher historischer Finsternisse des obengenannten Zeitraumes, 108 im ganzen. Hier sind wichtige Resultate historischer und astronomischer Art erzielt; namentlich dürften die neue Untersuchung der babylonisch-assyrischen Finsternisse im Hinblicke auf die Hypothese Mahler's und des Verfassers Versuch über den Wert der Mondperioden der Alten, Interesse erwecken. Bei den klassischen Finsternissen zeigt

sich, dass dieselben durch die Ginzel'schen empirischen Korrektionen gut dargestellt werden. Die genauere Erwägung der historischen Quellenverhältnisse ermöglicht ein schärferes Urteil über den Wert, welchen einzelne Finsternisse für die Mondtheorie besitzen. Es wird nachgewiesen, welche von den bisher in der Mondtheorie verwendeten historischen Finsternisse bei der jetzigen Sachlage kein längeres Vertrauen besitzen; und einige neue Finsternisse werden gezeigt, welche wegen ihrer zeitlichen und örtlichen Sicherung ein vorzügliches Prüfungsmittel für die Mondtheorie abgeben können.

Die Strahlung und Temperatur der Sonne. Die zahlreichen Arbeiten über die Strahlungsenergie und Temperatur der Sonne sind von Prof. J. Scheiner kritisch untersucht und zusammen mit den Ergebnissen seiner eigenen Beobachtungen dargestellt worden.[1]) Die von der Wellenlänge abhängigen spezifischen Äusserungen der Sonnenstrahlung zerfallen in optische, thermische, chemische und elektrodynamische. Am wichtigsten und genauesten erforscht ist die thermische Strahlung der Sonne, allein die Bestimmung der Sonnentemperatur hat eigentümliche Schwierigkeiten. Selbst wenn die ausstrahlende Schicht der Sonne die Oberfläche eines glühenden festen Körpers wäre, würde deren Temperatur aus Strahlungsbeobachtungen erst dann festzustellen sein, wenn wir diesen Körper selbst oder wenigstens sein Emissionsvermögen kennten. Die wirkliche Temperatur würde bei unbekanntem Emissionsvermögen innerhalb weiter Grenzen liegen können, es braucht ja nur an den enormen Strahlungsunterschied (Helligkeitsunterschied) zwischen einem Metall- und einem Glasstückchen, welche beide in derselben Flamme, also bei derselben Temperatur, glühen, erinnert zu werden.

Es ist deshalb unumgänglich notwendig, bei der Definition der Sonnentemperatur das Emissionsvermögen zu berücksichtigen, und dies geschieht am besten nach dem Vorgange von Le Chatelier unter der Annahme, dass das Emissionsvermögen der Sonne gleich 1 sei. Man bezeichnet die so definierte Sonnentemperatur als die effektive.

Demgegenüber hat man nach Violle als wahre Sonnentemperatur diejenige zu bezeichnen, welche ein Körper von demselben scheinbaren Durchmesser wie die Sonne besitzen muss, damit er unter Voraussetzung des gleichen mittleren Emissionsvermögens wie die Sonne auch in gleicher Zeit dieselbe Quantität Wärme aussendet.

Die Sonnenphotosphäre ist nun zweifellos keine feste Oberfläche, sondern der am meisten verbreiteten Ansicht nach eine Gasschicht von merklicher Dickenausdehnung, in welcher die ausstrahlenden Partikel suspendiert sind. Diese Schicht kann kaum eine gleichförmige Temperatur besitzen; die letztere wird vielmehr nach innen zunehmen. Nach aussen gelangen auch Strahlungen aus den tiefern Schichten, welche aber beim Durchgange durch die obern

---

[1]) Strahlung u. Temperatur der Sonne von Dr. J. Scheiner, Leipzig 1899.

eine gewisse Absorption erfahren. Von einer bestimmten Temperatur der Sonnenphotosphäre kann also gar keine Rede sein, sondern nur von einer mittlern, welche der Summe aller Strahlungseffekte aus allen Teilen der Schicht entspricht.«

Wenn also auch das Problem der Wärmeabsorption in der Erdatmosphäre völlig gelöst wäre, so lässt sich doch aus Strahlungsbeobachtungen nicht die wirkliche in der Photosphäre herrschende Sonnentemperatur finden, sondern nur die Temperatur eines absolut schwarzen Körpers vom gleichen scheinbaren Durchmesser wie die Sonne und gleichem Strahlungseffekte.

Scheiner teilt die von einer nicht geringen Anzahl Physiker erhaltenen Resultate mit. Es ergiebt sich daraus, dass die Sonnenstrahlung an der Grenze der Atmosphäre in einer Minute pro Quadratcentimeter vier Wärmeeinheiten beträgt. Nimmt man diesen Wert für die sogenannte Solarkonstante an, so ergiebt sich als effektive Sonnentemperatur in runder Zahl 7000° C. Prof. Scheiner hält diesen Wert für der Wahrheit so nahekommend, dass er nicht um $\pm$ 1000° irrig sein könne. Kann man nun auch, wegen unserer Unkenntnis des Emissionsvermögens der Photosphäre, ohne Hypothesen den wahren Betrag der Temperatur derselben nicht finden, so ist es doch möglich, die effektive Strahlung der Photosphäre selbst, frei von der oberhalb der Photosphäre stattfindenden Absorption, zu ermitteln.

»Man erkennt den Einfluss dieser Absorption sehr deutlich durch den Lichtabfall, der auf der scheinbaren Sonnenscheibe von der Mitte bis zum Rande stattfindet. Eine andere Deutung dieses Lichtabfalles ist nicht zulässig; denn nach dem Lambert'schen oder dem Lommel'schen photometrischen Grundgesetze ist die Ausstrahlung eines selbstleuchtenden Flächenelementes proportional dem Cosinus des Emanationswinkels; eine selbstleuchtende Kugel muss daher als gleichmässig helle Scheibe erscheinen. Wollte man aber das Euler'sche Gesetz zu Grunde legen, so würde sogar resultieren, dass der Rand heller erscheinen müsste als die Mitte. Um die notwendige Korrektion anbringen zu können, handelt es sich darum, genau wie bei dem Probleme der Extinktion in unserer Atmosphäre, aus der Lichtabnahme nach dem Rande (Horizonte) hin den Transmissionskoeffizienten für die Sonnenatmosphäre und daraus wieder den Betrag der Gesamtabsorption für die einzelnen Strahlungsbezirke zu bestimmen.«

Scheiner teilt die bezüglichen bisher aufgeführten Messungen mit und findet, dass der oben angegebene Wert der Solarkonstante von vier Wärmeeinheiten auf 6.0 zu erhöhen ist, um die wahre, von der Photosphäre ausgehende Strahlung der Sonne zu erhalten. Damit erhöht sich der Wert der effektiven Sonnentemperatur auf 7760°. Prof. Scheiner bezeichnet diese Zahl als eine recht sichere, »insofern als die zu ihrer Ableitung benutzten Beobachtungen und Formeln keinen grössern und prinzipiellen Fehlerquellen unterworfen sind

und die Beobachtungsfehler überhaupt nur in sehr geringem Masse in diesen Wert eingehen.«

Er weist schliesslich noch auf einen andern Weg hin, der zu einer genäherten Kenntnis der wahren Photosphärentemperatur führen kann, wenn dies auch augenblicklich noch nicht mit einem hohen Grade von Genauigkeit möglich ist. »Man müsste nämlich zum Vergleiche mit der Strahlung der Sonne die Strahlung von Schichten, welche ähnlich konstituiert sind wie die Photosphäre, benutzen. Solche Schichten besitzen wir in den gewöhnlichen Leuchtflammen, in denen wegen der ungenügenden Verbrennung ein Teil des Kohlenstoffes als in dem glühenden Gase suspendierte Teile enthalten ist. In den Flammen ist also eine ähnliche Bedingung zur Verminderung des Emissionsvermögens vorhanden wie in der Photosphäre. Nun wissen wir zwar nicht, welche Elemente in der Photosphäre kondensiert sind; es ist aber durchaus nicht unmöglich, dass dies gerade der Kohlenstoff ist, dessen Siedepunkt jedenfalls ausserordentlich hoch liegt. Wenn die strahlenden Partikel in der Photosphäre einem andern Elemente als dem Kohlenstoffe angehörten, würde natürlich die Ähnlichkeit des Absorptionsvermögens zwischen Flamme und Photosphäre geringer sein, doch immerhin noch beträchtlich grösser als zwischen der letztern und einem strahlenden festen Körper.«

Vorläufige Versuche auf diesem Wege führen zu Werten, die mit den oben angegebenen gut übereinstimmen. »Das Problem der Sonnentemperatur,« sagt Prof. Scheiner: »hat bisher als das unbefriedigendste der ganzen Astrophysik, speziell der Physik der Sonne, gegolten; es ist geradezu stets als Beispiel einer unexakten Forschung hingestellt worden. Ich glaube, dass man nunmehr von dieser Ansicht zurücktreten muss, ja dass dieses überaus schwierige Problem einer befriedigenden Lösung bereits sehr nahe geführt ist.«

Von indirekten Methoden zur Bestimmung der Sonnentemperatur kommt gegenwärtig ernstlich nur in Betracht eine Bestimmung der Temperatur der Sonne in Verbindung mit derjenigen anderer Fixsterne, welche Prof. Scheiner vor einigen Jahren ausgeführt habe. »Dieselbe beruht auf dem merkwürdigen Verhalten zweier Magnesiumlinien bei den Wellenlängen 448.1 $\mu\mu$ und 435.2 $\mu\mu$. Die erstere dieser Linien tritt in fast allen Spektren der I. Spektralklasse sehr stark hervor; in den Spektren der Sterne der II. Spektralklasse, zu denen unsere Sonne gehört, ist sie schwach, und in denen der III. Klasse scheint sie zu fehlen. In dem Funkenspektrum des Magnesiums ist die Linie sehr stark; dagegen ist sie nicht im elektrischen Bogen oder im Spektrum des brennenden Magnesiums zu finden. Es liegt hiernach nahe, die Eigentümlichkeiten dieser Linie auf die Verschiedenheit der Temperaturen im elektrischen Bogen und im Funken zurückzuführen und daraus weitere Schlüsse auf die Temperatur in den Fixsternen zu ziehen; es geht dies aber nicht an, da Druckverschiedenheiten ja denselben Effekt haben könnten. Merkwürdiger- und glücklicherweise zeigt nun die zweite der oben angegebenen

Magnesiumlinien genau das entgegengesetzte Verhalten, sowohl in den Sternen als auch im Laboratorium. In den Spektren der Klasse I ist sie gar nicht oder kaum vorhanden, in denen der II. Klasse ist sie sehr hervorragend und erscheint in IIIa als eine der stärksten Linien. Im Funkenspektrum ist sie nicht vorhanden, dagegen im elektrischen Bogen sehr kräftig.

Der günstige Umstand, dass zwei demselben Stoffe angehörige Linien ein entgegengesetztes Verhalten zeigen, beweist nun sofort, dass die Erscheinungen, welche diese Linien auf den Sternen bieten, von der Temperatur allein abhängen und nicht vom Druck. Denn bei vermehrtem Drucke treten alle Linien ohne Ausnahme kräftiger hervor; dagegen ist es eine bekannte Thatsache, dass einzelne Linien bei wachsender Temperatur schwächer werden und schliesslich verschwinden.

Man kommt also zu dem Schlusse, dass die Temperatur derjenigen Schicht, welche die Fraunhofer'schen Absorptionslinien erzeugt, das ist die obere Grenze der Photosphäre, für die Sterne der Klasse IIa (Sonne) wohl höher als die des elektrischen Bogens, aber wesentlich niedriger als die stark gespannter Funken ist. Als untere Grenze für die wahre Temperatur würde man hiernach etwa 5000° annehmen können; die obere Grenze bleibt unsicherer, dürfte aber den Betrag von 10000° wohl kaum überschreiten.«

Die Eigenbewegung der Sonne im Weltraume. S. Newcomb hat[1]) auf der Basis der bis jetzt bestimmten Parallaxen von Fixsternen eine neue Untersuchung über die absolute Geschwindigkeit angestellt, mit der sich die Sonne durch den Weltraum bewegt, und ebenso eine Bestimmung des Punktes, gegen welchen hin die Bewegung der Sonne gerichtet ist, oder des Apex der Sonnenbewegung. Die von ihm benutzten Fixsternparallaxen belaufen sich auf 72, doch sind davon drei sogleich ausgeschlossen worden, und bei einer Anzahl anderer wurden die Werte nur mit geringem Gewichte in die Rechnung eingeführt. Bei Bewertung des Gewichtes der Parallaxen für die einzelnen Sterne ist Prof. Newcomb sehr sorgfältig verfahren, natürlich aber ist eine ziemliche Willkür dabei unvermeidlich. Als Ergebnis der Berechnung und nach Ausschluss von drei Sternen, welche beträchtlich abweichende Resultate ergaben, fand sich für die Geschwindigkeit der Sonne im Mittel ein Wert von 30 *km* pro Sekunde, merklich der nämliche Wert, welcher für die Umlaufsbewegung der Erde stattfindet. Prof. Newcomb macht jedoch darauf aufmerksam, dass dieser Wert mit einem systematischen Fehler behaftet sein dürfte. Von den zur Parallaxenbestimmung ausgewählten Sternen sind nämlich etwa 40 wegen ihrer starken Eigenbewegung auf Parallaxe untersucht worden, während für die Zwecke der vorliegenden Untersuchungen Grösse sowohl als Richtung der Eigenbewegungen der Sterne möglichst gleichmässig verteilt sein müssten.

---

[1]) The Astronomical Journal **20.** No. 1. 1899.

Zur Bestimmung des Apex der Sonnenbewegung würden sich am besten Sterne eignen, die uns am nächsten stehen und geringe absolute Eigenbewegungen haben. Da es indessen kein Mittel giebt, diese Sterne als solche zu erkennen, so bleibt nur übrig, die Rechnung auf eine möglichst grosse Zahl von Sternen, ohne Rücksicht auf deren individuelle Eigenbewegungen, zu stützen. Prof. Newcomb giebt die Resultate seiner Rechnungen für die Bradley'schen Sterne, und zwar zunächst für diejenigen mit kleiner Eigenbewegung und nach Grössenklassen getrennt. In der folgenden Zusammenstellung bezeichnet R die durchschnittliche parallaktische Bewegung eines Sternes 90° vom Apex entfernt, also diejenige Bewegung, welche durch die Bewegung der Sonne scheinbar hervorgerufen wird.

Grössenklasse	R	Rektasc. des Apex	Dekl. des Apex	Zahl der Sterne	Gewicht
1.0—2.9	6.59"	263.1°	+31.7°	64	1
3.0—3.9	5.61"	262.7	26.8	135	2
4.0—4.9	3.47"	266.5	31.8	327	5
5.0—5 9	3.14"	268.5	32.0	731	11
6.0—6.9	2.81	277.4	30.6	1034	16
7.0 u. darüber	2.86	278.2	+33 6	236	4

Als mittleres Resultat aus allen Sternen mit schwachen Eigenbewegungen findet sich für die Position des Apex der Sonnenbewegung: Rektasc. 272.5°, Dekl. + 31.3°. Die (644) Sterne von starker Eigenbewegung ergaben als Mittel aller Grössenklassen: R = 16.7", Rektasc. des Sonnenapex 276.9°, Dekl. + 31.4°. Die Zunahme der Rektascensionen in den Werten, die aus den Sternen der einzelnen Grössenklassen abgeleitet sind, ist merkwürdig, während die Deklinationen gut übereinstimmen. Die vollständigste Diskussion über die Sonnenbewegung auf Grund der Sterne von grosser Eigenbewegung hat Stumpe veröffentlicht,[1]) nebst einem Nachtrage dazu.[2]) In dem letztern finden sich folgende Zusammenstellungen der Werte für den Zielpunkt der Sonnenbewegung aus den Eigenbewegungen der Sterne verschiedener Grössen:

Grössenklasse	Rektasc.	Dekl.	Zahl der Sterne
1 —5.5	263.8°	+31.1°	284
5.6—7.5	290.7	37.5	473
7.6 u. schwächer	286.7	46.9	238

Die Zunahme des Wertes für die Deklination des Apex mit der Grössenklasse der Sterne ist ebenso merkwürdig, wie oben die Zunahme der Rektascension, ohne dass man dafür eine bestimmte Ursache angeben könnte. Prof. Newcomb findet aus den Stumpeschen Resultaten, wenn die Gewichte im Verhältnisse der Anzahl der Sterne angenommen werden, bei Klassifikation gemäss der Grösse als Ort des Apex:

Rektasc. = 283.1°, Dekl. + 38.7°.

Die Klassifikation gemäss der Eigenbewegung giebt dafür im Mittel: Rektasc. = 281.8°, Dekl. + 40.7°.

---

[1]) Astr. Nachr. No. 2999—3000.
[2]) Astr. Nachr. No. 3348.

Die Differenz bestätigt nur die Unsicherheit des ganzen Resultats. Boss hat[1]) aus 279 Sternen der Albany-Zone als Zielpunkt der Sonnenbewegung abgeleitet: Rektasc. 283.3°, Dekl. + 44.1°, während sich bei Reduktion auf das Normalsystem der Deklinationen von Newcomb für die Deklination des Apex ergiebt: + 42.9°.

Indem Prof. Newcomb den vorstehend angeführten Ergebnissen Gewichte beilegt, die proportional der Zahl der Sterne sind, auf denen sie beruhen, findet er als wahrscheinlichsten Wert für den Apex der Sonnenbewegung:

$$\text{Rektasc. } 277.5^0 = 18^h\, 30^m, \text{ Dekl. } + 35^0$$

und schlägt die Unsicherheit desselben auf 3—4° an.

Schliesslich kommt er zu dem Ergebnisse, dass der von Prof. Kapteyn aus der von Vogel bestimmten Eigenbewegung einer Anzahl Sterne in der Gesichtslinie zur Erde abgeleitete Wert der Sonnengeschwindigkeit im Raume der Wahrheit am nächsten kommt. Dieser Wert giebt pro Jahr 3.5 Erdbahnhalbmesser oder 16.4 *km* pro Sekunde. Als wahrscheinlichsten Wert der durchschnittlichen Parallaxe der Sterne 2.0 Grösse findet er 0.035″.

Bereits früher[2]) hat H. Kobold aus der Verteilung der Pole der Eigenbewegung von 1579 Sternen des Auwers-Bradleyschen Katalogs und des Auwers'schen südlichen Fundamentalkatalogs das Resultat abgeleitet, dass der Zielpunkt der Bewegung unseres Sonnensystems in Rektascension 269° 40.8′ und — 0° 1.4′ Deklination liege. Er hat nun dieses Ergebnis durch neue von verschiedenen Gesichtspunkten aus geführte Rechnungen geprüft und findet dadurch die Existenz einer gemeinsamen Sternbewegung bestätigt, die am leichtesten durch die Annahme einer Bewegung der Sonne gegen den Punkt von AR = 270.4°, D = — 0.2° zu erklären sei. Dieser Punkt würde hiernach der Zielpunkt der Sonnenbewegung an der Himmelssphäre sein. Ob aber die berechnete Grösse dieser Bewegung im Betrage von 0.066″ für die mittlere Entfernung der Sterne sechster Grösse — oder von 0.51″ für die mittlere Entfernung der Sterne erster Grösse bei Anwendung der L. Struve'schen Entfernungen — sich einigermassen der Wahrheit nähert, scheint Dr. Kobold sehr fraglich. Vielmehr neigt er der Ansicht zu, dass die erlangten Ergebnisse zu dem Schlusse drängen, dass ohne eine bessere Kenntnis der Entfernungen und ohne Einführung einer Hypothese über die eigenen Bewegungen der Sterne eine befriedigende Darstellung der beobachteten Grösse der Bewegungen nicht zu erzielen ist.

---

[1]) The Astronomical Journal 9. No. 213.

[2]) Nova Acta der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie 64. Astr. Nachr. No. 3435.

Planeten.

Planetoiden-Entdeckungen 1898. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [1]) sind folgende Planeten aus der Gruppe zwischen Mars und Jupiter 1898 entdeckt worden:

(429)	DL	entdeckt	1897	Nov. 23	von	Charlois, Nizza,	
(430)	DM	»	»	Dez. 18	»	»	»
(431)	DN	»	»	Dez. 18	»	»	»
(432)	DO	»	»	Dez. 18	»	»	»
(433)	Eros	»	1898	Aug. 13	»	Witt, Berlin,	
(434)	Hungaria	»	»	Sept. 11	»	Wolf, Heidelberg,	
(435)	DS	»	»	Sept. 11	»	Wolf und	Heidelberg,
(436)	DT	»	»	Sept. 13	»	Schwassmann	
	EC	»	»	Okt. 13	»	Coddington, Mt. Hamilton.	

»Eine Nummer hat der Planet EC noch nicht erhalten, weil es nicht ausgeschlossen ist, dass noch mehrere der vor ihm, ausser den oben genannten, aufgefundenen kleinen Planeten in die Liste werden aufgenommen werden können. Es wurden nämlich als vermutlich neue noch aufgefunden die Planeten DP, DU, DV, DW, DX, DY, DZ, EA, EB und ED.

Die Hauptelemente, welche für die Bahnen der neuen Planeten ermittelt wurden, sowie die nachträglich bekannt gegebenen Elemente des Planeten (426) und die Elemente einiger vorläufig als kreisförmig berechneten Bahnen lauten:

	☊	i	φ	a	Berechner
(426)	311° 58.4′	19° 37.7′	5° 53.9′	2.89	Pourteau
(429)	223 9.9	13 47.1	—	2.83	Charlois
(430)	249 49.8	14 33.4	14 55.9	2.83	Berberich
(431)	117 6.9	1 49.0	9 43.5	3 12	Pokrowsky
(432)	88 33.7	12 8.1	8 27.9	2.37	Berberich
(433)	303 32.0	10 50.2	12 52 2	1.46	Chandler
(434)	174 37.9	22 33.6	4 14.7	1.95	Berberich
(435)	22 59.1	1 50.9	8 56.2	2.45	»
(436)	352 0.8	18 37.8	4 41.6	3.19	»
(EC)	292 16.5	1 35.8	6 17.0	2.21	Coddington
(DY)	216 46.3	3 15.9	—	3.03	Berberich
(DZ)	239 40.8	3 53.0	—	2.53	»
(EA)	227 33.1	27 23.7	—	3.65	»

Unter diesen Elementen fallen schon auf den ersten Blick diejenigen des Planeten (433) Eros auf, welche mit einer Halbachse, die noch um 0.064 astronomische Einheiten kleiner als die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne ist, die innern dem Planetoidenringe bisher zugeschriebenen Grenzen uns erheblich enger zu ziehen nötigen. Trotzdem reicht die Bahn wegen ihrer grossen Exzentrizität in diesen Ring hinein, so dass der Planet (433) in seinem Aphel weiter von der Sonne entfernt ist als beispielsweise in ihrem Perihel die Planeten (290), (341), (344), (391), (413), (422) u. a. Anderseits wird er aus demselben Grunde unter günstigen Umständen der Erde ausserordentlich nahe gebracht; in den Perihel-Oppositionen

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. **34.** p. 67.

(Januar 21) beträgt der Abstand des Planeten von der Erde nur 0.15, beläuft sich aber auch in den Aphel-Oppositionen (Juli 24) nur auf 0.77 Einheiten. — Noch ein zweiter der neuen Planeten, (434) Hungaria, besitzt eine kleinere mittlere Entfernung von der Sonne als sämtliche bisher bekannten kleinen Planeten; da indessen seine Exzentrizität nicht sehr gross ist, wird sein kleinster Abstand von der Erde in der Opposition (Juli 21) nicht unter 0.90 Einheiten herabgehen.

Anderseits zeichnen sich durch zeitweise grosse Annäherung an Jupiter aus die Planeten:

(430) mit $\Delta_0 = 1.80$
(431) » $\Delta_0 = 1.67$
(436) » $\Delta_0 = 1.64$

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter, welche der Planet in seinem Aphel erreichen kann, bedeutet.

Bemerkenswert durch grosse Deklinationen, welche sie in ihrer Opposition erreichen können, sind endlich die Planeten:

(426) mit	$\delta = +47.8^0$	(Ende November)
	-48.9	(Ende Mai)
(433) mit	$\delta = +63.2$	(Anfang Dezember)
	-44.0	(Anfang Juni)
(436) mit	$\delta = +50.2$	(Mitte Dezember)
	-50.0	(Mitte Juni).

Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

(432)	$\Omega = 88.6^0$	$i = 12.1^0$	$\varphi = 8.5^0$	$a = 2.366$
(347)	85.9	11.7	9.6	2.611
(435)	$\Omega = 23.0$	$i = 1.8$	$\varphi = 8.9$	$a = 2.452$
(126)	23.3	2.9	6.1	2.439
EC	$\Omega = 292.3$	$i = 1.6$	$\varphi = 6.3$	$a = 2.214$
(142)	291.9	2.2	7.7	2.418

Planeten-Entdeckungen 1899. In diesem Jahre sind folgende kleine Planeten aufgefunden und provisorisch bezeichnet worden:

Planet	1899	EE	entdeckt	am	15. Febr.	von	Wolf in Heidelberg,
»	»	EF	»	»	17. »	»	Wolf u. Schwassmann in Heidelberg,
»	»	EG	»	»	2. März	»	» » » » »
»	»	EJ	»	»	3. »	»	» » » » »
»	»	EL	»	»	31. »	»	Coggia in Marseille,
»	»	EM	»	»	5 April	»	Witt in Berlin,
»	»	EO	»	»	17. Juli	»	Wolf u. Schwassmann in Heidelberg,
»	»	ER	»	»	27. Okt.	»	» » » » »
»	»	ES	»	»	27. »	»	» » » » »
»	»	ET	»	»	27. »	»	» » » » »
»	»	EU	»	»	31. »	»	» » » » »
»	»	EV	»	»	31. »	»	» » » » »
»	»	EW	»	»	4. Nov.	»	» » » » »
»	»	EX	»	»	2. Oct.	»	Coddington auf H. Hamilton,
»	»	EY	»	»	4. Dez.	»	Perrotin in Nizza.

Bauschinger macht folgende Mitteilungen[1]) über definitive Nummerierung und Identifizierung der neu gefundenen Planetoiden:

Die nachstehenden Planeten konnten nach Sicherung ihrer Bahn mit Nummern versehen werden:

(437)	1898	DP	entdeckt	von	Charlois	1898	Juli	16
(438)	»	DU	»	»	»	»	Nov.	8
(439)	»	EB	»	»	Coddington	»	Okt.	13
(440)	»	EC	»	»	»	»	»	13
(441)	»	ED	»	»	Charlois	»	Dez.	8
(442)	1899	EE	»	»	Wolf-Schwassmann	1899	Febr.	15
(443)	»	EF	»	»	» »	»	»	17
(444)	»	EL	»	»	Coggia	»	März	31

(439) 1898 EB hat den Namen Ohio erhalten.

Der Planet 1898 DP musste nachnummeriert werden, da nachträglich zahlreiche Beobachtungen veröffentlicht wurden, die eine gute Bahnbestimmung gestatteten; die Bahn wird demnächst von Berberich veröffentlicht werden.

Die im November 1898 von Wolf, Schwassmann und Villiger aufgefundenen Objekte DV, DW, DX, DY, DZ, EA sind nicht weiter verfolgt worden und müssen verloren gegeben werden; dasselbe gilt von 1899 EM (Witt, April 5), von dem infolge schlechter Witterung keine Beobachtungen mehr gelangen. 1899 EH ist auf Wunsch Wolf's gestrichen worden. Die Objekte 1899 EG (Wolf), EJ (Wolf), EK (Palisa) haben sich als identisch mit bez. (224) Oceana, (60) Echo, (222) Lucia herausgestellt.

Es ist Anlass gegeben, die Entdecker zu ersuchen, bei der Namengebung der kleinen Planeten von dem herkömmlichen Gebrauch, weibliche Namen zu wählen, nicht abzugehen; es ist dieser Gebrauch bisher nur einmal aus guten Gründen bei (433) Eros durchbrochen worden. Männliche Personennamen werden im Berliner astron. Jahrbuch keine Aufnahme finden.

Die relativen Helligkeiten der Planeten Mars und Jupiter nach Messungen mit einem neuen Photometer. Nach Dr. J. Hartmann's Angaben ist für das astrophysikalische Observatorium bei Potsdam ein Photometer konstruiert worden, welches die Messung von Flächenhelligkeiten gestattet. Der Grundgedanke dieses Photometers zur Bestimmung von Flächenhelligkeiten besteht darin, in der Mitte eines Lummer-Brodhun'schen Würfels durch ein Objektiv ein Bild des zu messenden Objektes und durch ein zweites Objektiv ein Bild eines Photometerkeiles zu entwerfen. Die besondere Konstruktion dieses Würfels gestattet dann, beliebig kleine Teile aus dem Bilde des Objektes auszuschneiden und mit grösster Sicherheit ihre Helligkeit mittels des Keiles zu messen. Setzt man den Würfel in die Bildebene eines Refraktors, so kann man mit dieser Vorrichtung direkt die Flächenhelligkeiten kleiner Teile von Planetenoberflächen

[1]) Astr. Nachr. No. 3570

und dergleichen messen. Bisher hat Dr. Hartmann den Apparat jedoch nur in Vereinigung mit zwei Mikroskopobjektiven in Anwendung gebracht, um die Dichtigkeit des Silberniederschlages auf sehr kleinen Gebieten photographischer Platten zu bestimmen.

Über das angewandte Messungsverfahren und seine physikalische Begründung muss das Original nachgesehen werden. [1])

Die ausgeführten Messungen beziehen sich auf die relative Helligkeit von Mond, Mars und Jupiter; die erste Reihe von Aufnahmen zur Vergleichung des Mond- und Marsspektrums wurde am 23. März 1899 gemacht und hierbei für die Wellenlängen 448.5 $\mu\mu$ bis 427.9 $\mu\mu$ eine zwischen 1.37 und 1.50 liegende Differenz der Grössenklassen beobachtet. Eine zweite Reihe von Spektren derselben beiden Himmelskörper wurde am 25. März erhalten und die Messungen zwischen den Wellenlängen 472.0 $\mu\mu$ und 412.0 $\mu\mu$ ausgeführt; aus den Ergebnissen der Ausmessungen wurden unter Berücksichtigung der Extinktionskoeffizienten die definitiven Werte für den Unterschied der Flächenhelligkeit von Mond und Mars berechnet und hierbei gefunden: im Mittel für die Strahlen der Wellenlänge 461.3 $\mu\mu$ war Mars 1.42 Grössenklassen schwächer als der Mond, für $\lambda = 439.8$ $\mu\mu$ war diese Differenz 1.48, und für $\lambda = 417.0$ $\mu\mu$ betrug sie 1.61 Grössenklassen.

Nach der gleichen Methode wurden am 24. Mai 1899 Vergleiche zwischen den Spektren des Mondes und Jupiters ausgeführt; sieben Spectra der beiden Himmelskörper wurden aufgenommen und die Helligkeit ähnlich wie beim Mars berechnet. Für die drei beim Mars berechneten Gruppen von Wellenlängen zeigte Jupiter folgende Differenzen der Grössen gegen den Mond bei λ 461.3 $\mu\mu$ war die Differenz 1.27, bei λ 439.0 $\mu\mu$ war sie 1.41 und bei λ 417.0 $\mu\mu$ war Jupiter um 1.47 Grössenklassen schwächer als der Mond. Hieraus ergiebt sich die Grössendifferenz zwischen den beiden Planeten zu bez. 0.15, 0.07 und 0.14; d. h. im blauen und violetten Teile des Spektrums ist Jupiter 0.12 Grössenklassen heller als Mars. Reduziert man diese Zahl auf die mittlern Entfernungen der beiden Planeten von der Sonne, so bleibt Jupiter nur noch um 0.02 Klassen heller als Mars, so dass die Flächenhelligkeit beider Planeten nahezu gleich wird. Es berechnet sich daraus das Verhältnis der Albedo des Mars zu der des Jupiter gleich 1 : 11.9.

Von Interesse ist noch eine Vergleichung der hier gefundenen relativen Albedo mit den Resultaten anderer Beobachter. Setzt man die Albedo des Mars = 1, so ergiebt sich:

1. aus Prof. Müller's photometrischen Messungen für den optischen Teil des Spektrums:

Albedo des Jupiter = 2.8;

2. aus Dr. Hartmann's Messungen zwischen $\lambda = 476$ $\mu\mu$ und $\lambda = 411$ $\mu\mu$: Albedo des Jupiter = 11.9;

[1]) Sitzbr. d. Kgl. Preuss. Akademie 1899. p. 677.



Spektrum des Sonnenrandes bei der Finsternis am 22. Januar 1898 Aufgenommen von E. H Hills.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

3. aus Prof. Lohse's frühern Aufnahmen, bei denen ausser dem von Dr. Hartmann gemessenen blauen und violetten Lichte auch noch als Ultraviolett zur Wirkung gelangte:

Albedo des Jupiters = 18.8.

Diese Zahlen zeigen deutlich, wie die Albedo des Jupiter diejenige des Mars für abnehmende Wellenlänge mehr und mehr übertrifft.

Der Planet 1898 Eros (433), ist auch auf mehrern photographischen Aufnahmen der Harvard-Sternwarte in Cambridge (N.-A.) aufgefunden worden. Die Nachforschung in dem reichen Plattenmateriale dieser Sternwarte war überaus mühevoll und schwierig, weil die Berechnung auf Grund der bisher bekannten Beobachtungen des Planeten, den Ort des letztern für mehrere Jahre vorher nicht genau genug verbürgen konnte. Infolgedessen wurde von Mrs. Fleming ein Plattenmaterial, welches am Himmel 1300 Quadratgraden entspricht, in Bezug auf alle kleinsten Sterne durchforscht, ohne eine Spur des Planeten zu finden. Endlich gelang es, auf einer Platte, die am 5. Juni 1896 aufgenommen worden war, ein feines Lichtpünktchen zu entdecken, und der Vergleich mit andern Platten, die am 4. und 5. Juni erhalten worden, bestätigte die Entdeckung. Auf Grund dieser und einer Platte vom 6. April vermochte Herr Chandler nunmehr die Position des Planeten so genau zu berechnen, dass dieser auf mehrern andern Platten bis zum Jahre 1893 mit Leichtigkeit gefunden wurde. Die Berechnung ergab, dass der Planet im Oktober 1893 10. Grösse war, aber bis gegen Mitte Januar 1894 bis zur 7. Grösse an Helligkeit zunahm; damals hätte er also mit einem Taschenfernrohre gesehen werden können. Bis März 1894 sank er wieder zur 9. Grösse, und im zweiten Drittel des April war er 10. Grösse. Die neue Bahnberechnung durch Dr. Chandler ergiebt als mittlere tägliche Bewegung des Planeten 2015″·2326, folglich als Umlaufsdauer 643.1 Tage. Die halbe grosse Achse der Bahn ist also = 1.4581, wenn die halbe grosse Achse der Erdbahn = 1.0000 gesetzt wird. Die halbe grosse Achse der Marsbahn ist = 1.5237, so dass also die ersten Angaben, welche Dr. Berberich über die Bahn dieses Planeten auf Grund seiner vorläufigen Rechnungen machte, völlig bestätigt werden.

Der Entdecker dieses Planeten, Dr. G. Witt, wies darauf hin, es sei angebracht, diesen Planeten wegen der Abnormität seiner Bahn nicht mit der fortlaufenden Nummer der kleinen Planeten zu bezeichnen. Dieser Vorschlag ist indessen bei den Astronomen auf vielfachen Widerspruch gestossen, und Dr. J. Bauschinger, der Vorsteher des astronomischen Recheninstitutes in Berlin, hat diese Ablehnung in folgender Weise motiviert: »Der Planet 1898 DQ gehört zur Gruppe der »kleinen Planeten«. Hierfür spricht: 1. die Lage seines Aphels, die ihn bis auf 0.17 astr. Einheiten an die bisherige innere Grenze des Ringes heranbringt und ihn als ver-

sprengtes Glied der Hauptgruppe hinstellt, das zu dieser in einem ähnlichen Verhältnisse steht, wie z. B. der Florring des Saturn zum Hauptringe; ferner 2. der Umstand, dass die Marsbahn auch bisher schon nicht wohl als innere Grenze des Planetoidenringes betrachtet werden konnte, da einige Perihele innerhalb derselben liegen; weiter 3. dass die Wahrscheinlichkeit, dass die jetzt bestehende Lücke im Planetoidenringe zwischen Eros und Hungaria durch Neuentdeckungen einiger Zwischenglieder überbrückt werde, entschieden grösser ist, als die, dass völlig innerhalb der Marsbahn gelegene Planeten aufgefunden werden, die mit Eros eine besondere Gruppe bilden könnten; endlich 4. dass der Mars vermöge seiner sehr kleinen Masse und der grossen Exzentrizität seiner Bahn, die ihm selbst mehr den Charakter eines kleinen Planeten aufprägen, überhaupt wenig geeignet ist, als innerer Grenzstein einer zahlreichen weit ausgedehnten Gruppe zu dienen. In dieser letztern Hinsicht ist entschieden die Erde geeigneter, und es würde sich jetzt, nach der denkwürdigen Entdeckung des Eros, meines Erachtens empfehlen, vom »Planetoidenringe zwischen Erde und Jupiter« zu sprechen.«

Durchmesser und Abplattung des Mars. Prof. W. Schur hat im Anschluss an seine frühern Messungen bei Gelegenheit der Marsopposition von 1896 auch die diesjährige Opposition dieses Planeten benutzt, um Durchmesser und Abplattung desselben durch Heliometermessungen möglichst scharf zu ermitteln[1]. Er findet aus beiden Messungsreihen als durchschnittlichen Wert für die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne:

Äquatorialdurchmesser	9.55"
Polardurchmesser	9.35
Abplattung	$^1/_{50}$

Diese Abplattung ist erheblich grösser als die von Hermann Struve theoretisch aus den Bewegungen der Apsiden des Trabanten Phobos und Deimos abgeleitete ($^1/_{190}$). Indessen sind die Positionen dieser Monde, wie Prof. Schur hervorhebt, doch auch durch Beobachtungen, in welchen die Einstellung auf verschiedenen Punkten des Umfanges der Marsscheibe erfolgt, ermittelt worden, bei denen ähnliche Fehler, wie bei den Heliometermessungen, entstehen können. Dazu kommt, dass bei der gegenwärtigen Opposition die nördliche Polarzone infolge der Schneebedeckung sehr hell glänzte, was dazu beiträgt, den Polardurchmesser durch Irradiation zu vergrössern, also den Wert für die Abplattung zu verringern. Es besteht also vorläufig eine nicht abzuleugnende Differenz zwischen der thatsächlich gemessenen und der theoretisch berechneten Grösse der Abplattung des Mars.

Rotationsdauer des Mars. W. F. Denning bemerkt[2], dass er 1869 im Februar den Mars wiederholt beobachtet habe und in

[1] Monthly Notices 1899. 59. No. 6. p. 330.
[2] The Observatory No. 279. p. 195.

verschiedenen Nächten die Zeit notiert habe, wenn der unter dem Namen Syrtis major bekannte Fleck zentral auf der Scheibe stand. Eine der besten Beobachtungen geschah damals am 4. Februar, wo der bezeichnete Fleck um 11^h mitten auf der Scheibe stand. Im Jahre 1884 fand Denning die gleiche Stellung des Fleckes, am 14. Februar $5^h\ 55^m$ und 1899 am 7. März $8^h\ 31^m$. Von 4. Februar 1869 11^h bis 7. März 1899 $8^h\ 31^m$ sind 10987 Tage $21^h\ 31^m$ verflossen, während deren Mars 10710 Umdrehungen gemacht hat. Die Dauer jeder Umdrehung beträgt also $24^h\ 37^m\ 22.70^s$. Von frühern Bestimmungen ist jene von F. Kaiser (1873) zu erwähnen, der für die Umdrehungszeit des Mars fand: $24^h\ 37^m\ 22.591^s$, Jul. Schmidt (1873), welcher sie zu $24^h\ 37^m\ 22.57^s$ bestimmte, und H. G. van de Sande Bakhuyzen, der dafür $22^h\ 37^m\ 22.66^s$ fand. Die drei letztern verglichen ihre Beobachtungen mit den ältern von Huygens, Hooke und Cassini. Sonach kann man annehmen, dass die wahre Rotationsdauer des Mars von dem Werte $24^h\ 37^m\ 2.65^s$ nur um einige Hundertstel der Sekunde abweichen wird.

Helle Hervorragung an der Lichtgrenze des Mars. Eine solche hat J. Gledhill bei sehr guten Bildern an einem 9-zolligen vorzüglichen Refraktor am 24. Januar 1899 beobachtet[1]). Sie erschien als rundliche Projektion und so hell, wie die Scheibe nahe der Lichtgrenze, ihr Durchmesser war etwa 0.5″. Sie blieb 1^h lang sichtbar, von $9.5^h - 10.5^h$, und war um 11^h und 12^h nicht mehr wahrzunehmen.

Die Wasserverhältnisse auf dem Mars. Über die viel diskutierte Frage nach den Wasserverhältnissen auf diesem Planeten verbreitete sich William H. Pickering eingehend.

Er bemerkt[2]), dass 1894 zur Zeit des Sommers für die südliche Hemisphäre des Mars P. Lowell die sogenannten Meere desselben von grünblauer Farbe fand, während sie ihm selbst zur gleichen Zeit und an den nämlichen Instrumenten nur grau erschienen. Indessen sah er 1890 zur Frühlingszeit der südlichen Marshälfte die angeblichen Meere brillant grün und ebenso 1892 zu Arequipa. In dem Masse aber, als die Jahreszeit auf dem Planeten fortschritt, verwandelte sich das Grün in ein monotones Grau, ähnlich wie er dies 1894 am Flagstaff-Observatorium wahrgenommen hatte. Gegen Schluss der Beobachtungen 1894 ging die graue Farbe allmählich in Gelblich über, und die meisten Flecke südlich von 50° südl. Br. wurden dadurch unsichtbar. Neuere Beobachtungen, etwas nach dem Herbstäquinoctium der südlichen Marshemisphäre, zeigen eine grünliche Färbung der Regionen zwischen 10° und 20° südl. Br., aber diese Färbung ist nicht so markiert, als das schöne Grün der südlichen gemässigten Zone während der Beobachtungen 1890.

---

[1]) Monthly Notices 1899. 59. No. 8. p. 497.
[2]) Bull. de la Soc. Astron. de France 1899. p. 171.

Die Verlängerung einzelner Kanäle in die sogenannten Meere hinein ist bereits 1892 von William Pickering zu Arequipa entdeckt worden, wo sie auch von W. Douglas gesehen wurde. Schon im August jenes Jahres schrieb ersterer, »einige gut entwickelte Kanäle durchschneiden die Ozeane«. Diese Kanäle waren schmal und gut definiert, auch wurden sie von beiden Beobachtern gesehen. Handelte es sich also um wassererfüllte Meeresbecken, so wären diese Kanalzüge unerklärlich. Sind dagegen die behaupteten Meere nur schwache Depressionen, etwa die Betten ehemaliger Ozeane, so ist kein Grund vorhanden, weshalb der Unterschied im Aussehen der fruchtbaren und sterilen Regionen auf dem Mars sich nicht sollte klar und deutlich für uns darstellen.

Es ist fast sicher und ziemlich allgemein angenommen, dass die Atmosphäre des Mars sehr wenig dicht ist. Von dem Augenblicke an, wo der Schnee an den Polen zu schmelzen beginnt, muss es am Äquator sehr warm sein. Unter diesen Umständen sollte man eine sehr intensive Verdampfung während des Tages erwarten und eine gleich rapide Kondensation des Wasserdampfes während der Nacht. In der That bildet dieser Vorgang wahrscheinlich die Zirkulation des Wassers auf dem Mars, wie solches die Anwesenheit des Schnees an den Polen bezeugt. Indessen, wenn dort grosse, freie Wasserflächen vorhanden wären, wie man bis jetzt im allgemeinen glaubt, weshalb sollte dann die Atmosphäre auf der Tagesseite des Planeten sich nicht häufig so sehr mit Wasserdampf sättigen, dass daselbst Wolken entständen? In Wirklichkeit sind aber auf dem Mars, abgesehen von der Lichtgrenze, Wolken überaus selten, während wir sie sehr häufig wahrnehmen müssten. Wenn ferner daselbst Wasser in grossen Mengen vorhanden wäre, wie kommt es, dass der Mars nicht mit ebenso schweren Eiskalotten an den Polen bedeckt ist wie die Erde? Ist es nicht auffallend, dass bei seiner grossen Entfernung von der Sonne der Polarschnee im Sommer völlig fortschmilzt, während er auf der Erde, welche der Sonne um so viel näher ist, dauernd bleibt? »Wenn dagegen nach meiner Hypothese,« fährt William H. Pickering fort, »Wasser auf dem Mars nur in geringer Menge vorhanden ist und vor allem durch Verdampfung und Kondensation verteilt, so muss dort ein excessives Klima herrschen mit sehr heissen Tagen und kalten Nächten. Die Polarkalotten würden hiernach in Wirklichkeit nicht Schneezonen sein, sondern mehr von einer Art Reif bedeckte Regionen, so dass es sich nicht um Schneebedeckung von vielen Metern Höhe, sondern nur höchstens um dünne Schichten, die im allgemeinen nur den Bruchteil eines Meters Höhe besitzen, handelt. Wenn ferner Mars, wie es wirklich der Fall ist, eine Atmosphäre besitzt, so muss der Himmel dort am Tage mehr oder weniger hell sein und sein Licht von den Meeresflächen reflektiert werden. Er muss daher in allen Richtungen, mit Ausnahme der vertikalen, polarisiert erscheinen.« Pickering hat nun in Arequipa wiederholt die Oberflächen der an-

geblichen Meere mit einem Doppelbildprisma untersucht und ebenso zu Flagstaff mit einem Polariskop nach Arago, welches empfindlicher ist. Zu Arequipa glaubte er ein- oder zweimal einige Spuren von Polarisation in einem aussergewöhnlich dunklen Teile der Syrtis magna zu erkennen. Da dies zu einer Zeit kurz nach dem Schmelzen der Polarkalotte geschah, so ist es möglich, dass dort eine sumpfige Region vorhanden war. »Indessen,« sagt Pickering, »bin ich dessen nie sicher gewesen, und zu Flagstaff habe ich mit Hilfe eines sehr viel empfindlichern Instrumentes niemals die geringste Spur von Polarisation wahrgenommen, gleichgültig, welches »Meer« untersucht wurde. Gleichzeitig aber zeigte die blauschwarze Fläche rings um die Polarkalotte, wo diese in raschem Zusammenschwinden war, sehr deutliche Polarisation, was mich in der Überzeugung bestärkt, dass diese Erscheinung wirklich durch die Gegenwart von Wasser verursacht wird. Ich bin daher zu dem Glauben gelangt, dass die sogenannten Meere des Mars nichts anderes sind als ausgedehnte Flächen, welche von Vegetation bedeckt werden, und dass die Kanäle sehr schmale Vegetationsgebiete sind, welche sich rechts und links aus uns unsichtbaren Wasserläufen entwickeln. Die rötlich scheinenden Flächenteile des Planeten sind Wüsten, deren Ausdehnung infolge des Wassermangels bedeutend grösser ist als diejenigen unserer irdischen Wüsten. — Die beiden Beobachtungsstationen zu Arequipa und Flagstaff liegen beide in hohen und öden Regionen der Erde und besitzen folglich, bei ihrer Lage nahe der Tropenzone, einen für astronomische Untersuchungen überaus günstigen Himmel. Unter diesen Verhältnissen glaube ich, dass wir, mein Mitbeobachter und ich, den Planeten Mars unter günstigern Verhältnissen beobachtet haben als irgend ein anderer Astronom. Ich konstatiere dies, weil ich Wert darauf lege, daran zu erinnern, dass ich niemals die Marskanäle doppelt gesehen habe, und ich glaube, dass Douglas, der mit mir in Arequipa und Flagstaff war, der nämlichen Meinung ist, obgleich ich bezüglich seiner nicht autorisiert bin, mich zu äussern.«

Eine neue Erklärung der Verdoppelung der Marskanäle giebt Dr. N. Herz. Er sagt: Cerulli erklärt die Marskanäle als Truglinien, entstanden dadurch, dass »das Auge unwillkürlich darnach strebt, eine möglichst einfache Anordnung in die hier und da verteilten und durch die Unvollkommenheit der optischen Hilfsmittel schlecht voneinander trennbaren Hauptflecke zu bringen«. Hiergegen spricht einmal die ausserordentliche Konstanz der Flecke, anderseits auch lässt sich für die so rätselhafte Verdoppelung eine sehr einfache Erklärung geben, die einer verhältnismässig einfach anzustellenden Beobachtung entnommen ist.

Bringt man in einem vollständig verdunkelten Kämmerchen in einer Wand ein Fensterchen an und befestigt an der gegenüberliegenden Wand ein Relief, beleuchtet dann dieses Relief von aussen und sieht in das Fenster (also in der Richtung der Beleuchtung,

d. i. nahe normal auf das Relief), so wird man punkt- oder linienförmige Erhebungen hell sehen, in dem Falle aber, dass die Strahlen in dem Kämmerchen ein ziemlich dichtes, stark lichtbrechendes Medium zu durchlaufen haben, werden die glänzenden Punkte und Streifen dunkel umrandet, also Bergadern als parallele dunkle Linien erscheinen.

Der Versuch ist leicht anzustellen: Das kleine Kämmerchen ist das Auge, das Fenster die Pupille, das Relief der Augenhintergrund; die Beobachtung wiederholt binnen wenigen Stunden alle Details, welche die Marsbeobachtung im Laufe der Jahre geboten hat. Anfangs sieht man so gut wie nichts, später ein verwaschenes Bild; allmählich tritt bei klaren Augenmedien ein immer deutlicheres Bild hervor, und dann sieht man die hellern Arterien und später auch die dunklern Venen in der Form von durch scharfe helle Streifen getrennten dunklen Doppellinien.

Der Anblick erscheint, abgesehen von lokalen pathologischen Veränderungen im ganzen verändert: a) bei Trübung der Augenmedien und b) bei allgemeinen Gefässverengerungen, indem die stark verengten Gefässe meist einfach erscheinen.

Hieraus kann man schliessen, dass die Verdoppelung eine unter gewissen Bedingungen auftretende optische Erscheinung ist, nämlich das Auftreten eines glänzenden Kammes auf einfachen Bergadern.

Die hierzu notwendigen Bedingungen sind:

1. Nebst guten Instrumenten eine hinreichende Übung;

2. klare ungetrübte Medien, welche der Lichtstrahl zu passieren hat;

3. nahe senkrechte Inzidenz und Reflexion, welche sich in der Abhängigkeit des Auftretens der Verdoppelung von der Stellung der Marsachse gegen den Beobachter manifestiert;

4. ein genügend dichtes oder genügend dickes brechendes Medium, durch welches die an den beiden Abhängen reflecktierten Lichtstrahlen so abgelenkt werden, dass sie von Punkten zu kommen scheinen, die vom Gipfel weiter entfernt sind, wodurch die Abhänge dann dunkler erscheinen;

5. eine gewisse Höhe des Reliefs, welche für eine genügende Ablenkung der Strahlen erforderlich ist. Nimmt man die Grösse des Bulbus zu 24 *mm*, die Dicke der Gefässe, welche noch deutlich doppelt gesehen werden, zu 0.05 *mm*, so würde daraus folgen, dass für das Zustandekommen dieser Erscheinung eine Erhebung von $^1/_{500}$ des Durchmessers nötig wäre; für die Höhe der Marsberge würde hiernach ceteris paribus der jedenfalls nicht unwahrscheinliche Betrag von 13 *km* folgen.

Endlich folgt hieraus, dass der Mars wahrscheinlich eine ziemlich dichte Atmosphäre besitzt.

Die hauptsächlichsten Strömungen auf der Jupiter-Oberfläche. A. Stanley Williams hat bereits vor einiger Zeit[1]) neun

[1]) Monthly Notices 56. p. 143.

verschiedene Strömungen aufgezählt, die nach seiner Ansicht permanente Erscheinungen an der Oberfläche des Jupiter sind. Er schlägt nunmehr vor[1]) dieselben mit kurzen charakteristischen Namen zu bezeichnen.

Die wichtigste Strömung ist unzweifelhaft diejenige, welche die äquatoriale Region des Jupiter zeigt und als Äquatorialströmung bekannt ist. Nördlich von ihr ist die nördliche tropische Strömung, und noch nördlicher als diese eine schmale Strömung, die in Beziehung zu dem nördlichen Streifen steht und als nördliche gemässigte Strömung bezeichnet wird, jenseits derselben wird die Nordströmung unterschieden. Südlich von dem Äquatorialstreifen findet sich die breite südlich-gemässigte Strömung und noch südlicher die Südströmung. Die Grenzen dieser Strömungen, in Beziehung auf die Streifen, verändern sich von Zeit zu Zeit. Es ist sehr fraglich, ob ausser der Äquatorialströmung überhaupt bestimmt unterscheidbare Strömungen auf dem Jupiter anzunehmen sind.

Periodische Änderungen der Färbung der beiden Äquatorialstreifen des Jupiter sind von Stanley Williams nachgewiesen worden.[2]) Seit 1879 auf die Veränderlichkeit dieser Farbe durch eigene Beobachtungen aufmerksam geworden, hat er alle vorhandenen Aufzeichnungen der Beobachter darüber gesammelt und diskutiert. Zur Bezeichnung des Grades der roten Färbung hat er eine Skala aufgestellt, die von 1—10 reicht, und in der die schwächste noch eben bemerkbare rote Färbung durch 1, die stärkste, wie solche der rote Fleck in seiner grössten Intensität zeigte, mit 10 bezeichnet wurde. Die Wertangaben der einzelnen Beobachter über die Farbe der Jupiterstreifen wurden nun thunlichst auf diese Skala reduziert und auf diese Weise Zahlenwerte für die Färbung erhalten, die sich rechnerisch behandeln liessen. Es ist dies dieselbe Methode, welche zuerst Dr. Klein und ihm folgend Julius Schmidt bei Untersuchung der Sternfarben angewendet haben. Die Angaben über Färbung der Jupiterstreifen sind, von Gruithuisen abgesehen, erst seit 1869 zahlreicher, besonders aber seit 1878. Stanley Williams hat die abgeleiteten Zahlenwerte sowohl für den nördlichen als den südlichen Streifen graphisch in Gestalt von Kurven dargestellt und gefunden, dass sie innerhalb eines Zeitraumes von nahezu zwölf Jahren eine deutliche Veränderung der Intensität von einem Minimum zu einem Maximum zeigen, und zwar fällt die intensivste Färbung des südlichen Äquatorialstreifens zusammen mit der schwächsten des nördlichen und umgekehrt. Der Gegensatz der Färbung für beide Streifen ist bisweilen ausserordentlich beträchtlich, so dass man trotz der Schwierigkeit und der Unsicherheit der einzelnen Angaben nicht wohl an der Thatsache selbst zweifeln kann. Die beobachteten Zeiten

[1]) a. a. O. 59. p. 33.
[2]) Monthly Notices 59. No. 7. p. 376. 1899.

der stärksten und schwächsten Färbung (also die Maxima und Minima) der Streifen sind nach Stanley Williams folgende:

nördliche Streifen		südliche Streifen
Minimum	1836.36	Maximum
Maximum	1843.50	Minimum
Maximum	1867.70	Minimum
Minimum	1873.22	Maximum
Maximum	1879.72	Minimum
Minimum	1884.03	Maximum
Maximum	1891.72	Minimum
Minimum	1897.25	Maximum

Sind auch diese Zeitangaben der Natur der Sache nach keineswegs bis auf Bruchteile des Jahres genau, so geht aus ihnen doch so viel hervor, dass die Periode des Farbenwechsels nahezu zwölf Jahre beträgt, und da die Umlaufszeit Jupiters 11.9 Jahre ist, so darf man schliessen, dass die obige Periode dieser Umlaufsdauer gleich kommt. Sonach würde also der Farbenwechsel der Streifen einer Einwirkung der Sonne zuzuschreiben sein, ein Ergebnis, das um so merkwürdiger ist, als die Sonne sich für den Jupiter nie weit von der Ebene des Äquators entfernt. Gegenwärtig sind beide Streifen ziemlich gleichmässig rot, gegen 1903 wird der nördliche am intensivsten, der südliche am schwächsten gefärbt erscheinen.

Bestimmungen der Durchmesser der vier Jupitersmonde hat M. Hamy ausgeführt,[1]) indem er sich der Beobachtung der Interferenzfransen bediente, auf die zuerst Fizeau[2]) aufmerksam machte, und deren Theorie später Michelson vollständig entwickelte.[3]) Die Beobachtungen wurden im Sommer 1898 mit dem grossen Aequatorial coudé der Pariser Sternwarte ausgeführt und sind zunächst als vorläufige zu betrachten. Im Mittel ergab sich für die scheinbaren Durchmesser in der mittlern Entfernung des Jupiter von der Sonne:

Satellit	I	II	III	IV
Durchmesser	0.98″	0.87″	1.28″	1.31″

Der Wert für den vierten Satelliten ist unsicher und wahrscheinlich zu gross, da wegen der Lichtschwäche der Interferenzfransen die Beobachtungen schwierig waren. Im Jahre 1891 hatte Michelson[4]) für diese Satelliten folgende Durchmesser gefunden:

Satellit	I	II	III	IV
	1.02″	0.94″	1.37″	1.31″

Der fünfte Mond des Jupiter ist in den Monaten März und April 1898 von Prof. Barnard am 40zölligen Refraktor der Yerkes-Sternwarte in fünf Nächten anhaltend beobachtet worden, ebenso

[1]) Bull. Astronomique 16. p. 257.
[2]) Compt. rend. 66.
[3]) American Journal of Science 39.
[4]) Nature 45.

1899 im April und Mai in vier Nächten. Aus der Vergleichung dieser Messungen mit denjenigen im September 1892 ergiebt sich ein sehr genauer Wert für die Umlaufsdauer des Trabanten. Dieselbe findet sich im Mittel zu $11^h\ 57^m\ 22.647^s$, und dieser Wert ist wahrscheinlich bis auf 0.01^s genau.[1])

Spektrum der Saturnsringe. Im roten Teile des Saturnspektrums erscheint ein starker dunkler Streifen, nach Vogel nahe bei der Wellenlänge 6183, während er nach demselben Beobachter im Spektrum des Saturnsringes fehlt oder doch nur äusserst schwach ist. Prof. J. Keleer vermochte 1889 am 36 Zoller der Lick-Sternwarte keine Spur dieses dunklen Streifens im Spektrum der Ringe zu sehen.[2]) Im August 1898 bot sich eine günstige Gelegenheit, am 40 zolligen Yerkes-Refraktor photographisch nach diesem Streifen zu suchen. Die »Erythro«-Platten der Internationalen Color-Photo-Comp. zu Chicago, welche für das Yerkes-Observatorium geliefert werden, sind auch für die roten Strahlen des Spektrums so empfindlich, dass die Spektra von Sternen 5. Grösse sich darauf bis zu $H\alpha$ darstellen. Am 18. August wurde mittels einer solchen Platte das Spektrum des Saturn am grossen Refraktor aufgenommen. Es konnte wegen der Stellung des Planeten nicht lange exponiert werden, weshalb nur eine schwache Dispersion angewandt wurde, und die $7^1/_2$ malige Vergrösserung des Originalnegativs keine sehr scharfen Linien zeigt. Im Spektrum der Saturnskugel erscheint das dunkle Absorptionsband deutlich, aber keine Spur desselben ist im Spektrum des Ringsystems zu sehen. Damit ist bewiesen, dass die Atmosphäre, welche den Saturn umgiebt, seinem Ringe fehlt. Auch zeigt die Photographie nichts von den hellen Linien, welche Lockyer im Saturnspektrum erkannt haben will.[3]) Eine photographische Aufnahme des Jupiterspektrums zeigt das dunkle Band aber weniger intensiv als im Spektrum der Saturnskugel.[4])

Die Bewegungen der Saturnsmonde sind von Dr. Hermann Struve durch systematische Beobachtungen am 30 zolligen Refraktor zu Pulkowo und eingehender Diskussion derselben untersucht worden. Die Ergebnisse dieser grossen Arbeit liegen im 11. Bande der Publikationen des Zentralobservatoriums zu Pulkowo der wissenschaftlichen Welt vor. Die Beobachtungen begannen schon bald nach Aufstellung des neuen 30 Zollers und wurden in der Hauptsache durch Messung der gegenseitigen Stellung je zweier Trabanten ausgeführt, Messungen, die ausserordentlich genaue Resultate liefern, allerdings auch behufs Ableitung der Bahnelemente einen sehr grossen

1) Astrophys. Journal 9. No. 5. p. 360. 1899.
2) Astron. Nachr. No. 2927.
3) Astron. Nachr. No. 2881.
4) Bull. of the Yerkes Observ. of the Univ. of Chicago No. 5. Astrophys. Journal 9. No. 3. p. 185.

Rechnungsaufwand erfordern. Bei den Trabanten Rhea und Titan wurden ausserdem direkte Messungen der Abstände von den Saturnsrändern ausgeführt und durch geeignete Anordnung derselben auch Bestimmungen des Saturnsdurchmessers erhalten. Diese sind um so wichtiger, als gerade bezüglich der Grössenverhältnisse des Saturn und seines Ringsystems die sämtlichen bis jetzt vorliegenden Messungen beträchtlich voneinander abweichen. Bessel's höchst sorgfältige und drei Jahre hindurch fortgesetzte Messungen ergaben für die mittlere Entfernung des Saturn: Äquatorialdurchmesser 17.053″, Polardurchmesser: 15.381″; für den äussern Durchmesser des Saturnringes giebt er als Resultat von 44 Heliometermessungen: 39.311″. Von diesen Werten weichen selbst diejenigen eines Beobachters wie W. Struve um fast 0.9″ ab und diejenigen O. Struves 1851 und 1882 sind wiederum abweichend und auch unter sich nicht übereinstimmend; alle aber geben den Saturn und seinen Ring grösser als Bessel's Messungen. Die neuen Messungen der Positionen des Titan und der Rhea gegen die Ränder des Saturn, welche 1889—1892 erhalten wurden, lieferten[1]) im Mittel aus 93 Bestimmungen: Äquatorialdurchmesser: 17.471″, Polardurchmesser: 16.635″ und zeigten, dass bei den bessern Luftverhältnissen die Durchmesser stets kleiner ausfielen als bei ungünstigern.

Diese direkten Messungen sind offenbar konstanten Fehlern unterworfen, und eine indirekte Bestimmung der Grösse des Saturn aus der Dauer der Verfinsterungen von Trabanten desselben, welche von solchen konstanten Fehlern frei ist, kann daher ein beträchtliches Gewicht beanspruchen, vorausgesetzt, dass die Bahnen dieser Trabanten hinreichend scharf bekannt sind. Durch Struve's Arbeiten ist letzteres gegenwärtig der Fall, und er hat daher auf diesem Wege aus Verfinsterungen der Thetys, Dione und Rhea sehr übereinstimmende Werte für den Durchmesser des Saturn abgeleitet. Er findet als definitiven Wert aus diesen Beobachtungen für die Saturnskugel: Äquatorialdurchmesser: 17.500″, Polardurchmesser: 15.776″, Abplattung 0.0986, also wenig verschieden von den obigen. Auf demselben Wege ergab sich für den Durchmesser des Ringsystems 39.20″, während die direkten Messungen 39.78″, mehrere indirekte 39.27″ ergaben, so dass der definitive Mittelwert 39.35″ in sehr guter Übereinstimmung mit Bessel steht. Ein merkwürdiges Ergebnis der direkten Messungen der Abstände der Rhea und des Titan von den Saturnsrändern ist, dass das optische Zentrum der Planetenscheibe konstant 0.15″ südlich von dem Schwerpunkte des Systems lag. Dr. H. Struve hält diesen Unterschied für scheinbar und hervorgerufen durch die ungleiche Färbung der beiden Saturnspole und die ungleiche Schärfe, mit der sie sich im Fernrohre darstellten. Der Südpol schien rötlich, der Nordpol bläulich und weniger scharf: der Unterschied der atmosphärischen Refraktion für rote und gelbe

[1]) Monthly Notices **54**. No. 8. p. 452 u. ff.

Strahlen würde eine ähnliche Verschiebung wie die wahrgenommene zur Folge haben.

Aus den säkularen Veränderungen der Knoten und Apsidenlinien der Bahnen von Thetys, Dione und Enceladus leitet H. Struve die Neigung der Ebene des Saturnsäquators gegen die Ebene der Erdbahn zu 28° 5.6′ ab und die Position des aufsteigenden Knotens derselben zu 167° 57.0′, beide Werte gültig für 1889.25. Anderseits findet er für die Position des Ringsystems: Neigung 28° 4.84′, Länge des aufsteigenden Knotens 167° 58.7′, so dass also die Ebene des Ringes genau mit der Ebene des Saturnsäquators zusammenfällt. Für die halben grossen Achsen der Bahnen der sechs innern Monde findet Struve:

Mimas	26.814″
Enceladus	34.401″
Tethys	42.586″
Dione	54.543″
Rhea	76.170″
Titan	176.578″

Unter Berücksichtigung der Umlaufszeiten dieser Monde ergiebt sich aus diesen Messungen als Masse des Saturnsystems: $\frac{1}{3495.3}$ der Sonnenmasse, in vortrefflicher Übereinstimmung mit Bessel's Wert $\frac{1}{3500.2}$.

Für die vier innersten Monde ergaben die Beobachtungen 1886 bis 1892 für die Exzentrizitäten und die Neigungen der Bahnen gegen den Saturnsäquator:

	Exzentrizität	Neigung
Mimas	0.0190	1° 36.5′
Enceladus	0.0046	0° 1.4′
Tethys	0.0000	1° 4.36′
Dione	0.0020	0° 4.0′

Die Bahn der Rhea besitzt nur eine Exzentrizität von 0.0009. Mimas zeigt rasche Veränderungen der Lage der Knotenlinie und des Perisaturniums, nämlich jährlich 365.3°. Für Titan ergiebt sich (1890) als Exzentrizität der Bahn 0.028 86 und eine jährliche Bewegung der Apsidenlinie von 31.7′.

Um die mittlern Längen dieses Trabanten von 1892—1831 in Übereinstimmung zu bringen, wurde eine Korrektion von 5′ mit einer Periode von 50 Jahren erforderlich, deren Ursache völlig unbekannt ist. Die Massen der Trabanten, wie sie sich aus den gegenseitigen Störungen ergaben, sind, mit Ausnahme derjenigen des Titan, ausserordentlich gering. Das Verhältnis derselben zur Saturnsmasse findet Struve wie folgt:

Mimas	1 : 13 610 000
Enceladus	1 : 4 000 000
Tethys	1 : 907 600
Dione	1 : 536 000
Rhea	1 : 250 000
Titan	1 : 4 700

Die Masse des Hyperion kann nur sehr gering sein, und die des Japetus findet sich 1 : 113000. Sonach ist von diesen Trabanten nur Titan an Masse unserem Monde vergleichbar (und etwa 1.6 mal überlegen), während der grösste der übrigen Monde, Japetus, nur $^1/_{15}$, Mimas sogar nur $^1/_{1816}$ der Mondmasse besitzt. Obgleich diese Saturnstrabanten, besonders Mimas, äusserst lichtschwach sind, so hätte man ihre Masse doch im Vergleiche zur Helligkeit für erheblicher halten dürfen, man muss daher annehmen, dass diese Monde ein beträchtlicheres Lichtreflexionsvermögen besitzen als Titan und Japetus. Aus den Säkularbewegungen des Mimas und des Tethys findet H. Struve ferner, dass die Masse des Ringsystems sich zur Masse des Saturn höchstens wie 1 : 26720 verhält, wahrscheinlich aber noch geringer ist.

Die Bewegung des Hyperion ist wegen des Verhältnisses der mittlern Entfernungen dieses Trabanten und des Titan (214″ : 177″), wegen der Kommensurabilität ihrer mittlern Bewegungen und der Exzentrizität der Bahn des Titan, starken Störungen unterworfen. Unter einigen vereinfachenden Annahmen findet Struve, wenn Titan und Hyperion in Opposition sind, als mittlern Wert der halben grossen Achse der Bahn des Hyperion 213.92″, die mittlere Exzentrizität derselben 0.1043 und die jährliche Bewegung der Apsidenlinie — 18.663°. Japetus ist am 30 zolligen Refraktor nur wenig beobachtet worden. Eine merkwürdige Thatsache, welche sich in den Struve'schen Beobachtungen der Trabanten zeigt, ist die Zunahme der Bahnneigungen, so dass es scheint, als wenn das ganze System (mit Ausnahme des Titan) im Laufe der Jahre 1884—1891 eine grössere Neigung erhalten hätte, eine Erscheinung, welche durch ein Schwanken der Richtung der Saturnsachse im Raume innerhalb längerer Periode, erklärt werden könnte. Es würden hiernach in diesem System noch störende Kräfte wirken, deren Quelle unbekannt ist.

Struve hat in den Jahren 1887—1890 auch Nachforschungen nach etwa noch unbekannten Trabanten des Saturn angestellt. In der Reihe dieser Trabanten findet sich zwischen dem fünften und sechsten, ebenso zwischen dem siebenten und achten eine merkliche Lücke; indessen haben Struve's sorgfältige Nachforschungen ergeben, dass innerhalb der Bahn des Hyperion wenigstens kein Trabant vorhanden ist, dessen Helligkeit auch nur 0.1 der Helligkeit des Hyperion überstiege. Auf weite Entfernungen vom Saturn ist es nicht möglich, diese Nachforschungen in Bezug auf die lichtschwächsten Sterne auszudehnen, hierzu können nur photographische Aufnahmen an sehr grossen Instrumenten sichere Ergebnisse liefern.

Vermutlicher neuer Trabant des Saturn. Auf vier Platten, welche an der Arequipa-Station der Harvard-Sternwarte mit dem grossen Bruce-Teleskop erhalten wurden, hat Prof. William

H. Pickering einen neuen Saturnssatelliten von 15.5 Grösse entdeckt. Derselbe ist $3^1/_2$ mal soweit vom Saturn entfernt als Japetus, und seine Umlaufsdauer beträgt etwa 17 Monate.[1])

Untersuchungen über das Vorhandensein eines transneptunschen Planeten hat G. Dallet angestellt.[2]) Diese Beobachtungen beruhen zum grössten Teile auf hypothetischen Annahmen, z. B. über die mittlere Distanz des vermutlichen Planeten von der Sonne, die = 47 Erdbahnradien angenommen wird. Dallet gelangt zu dem Ergebnisse, dass in dieser Entfernung ein Planet mit einer Bahnneigung von 2—4° vorhanden sei, und die Position des aufsteigenden Knotens etwa 110° betrage. Die Länge desselben am 1. Januar 1850 habe 360° betragen, und seine Helligkeit möge derjenigen eines Sternes 10.—11. Grösse gleichkommen.

Der Mond.

Neubildung auf dem Monde. J. N. Krieger hat die Existenz eines Kraterchens im Hyginus N entdeckt. Er bemerkt hierüber:[3]) »Am 28. Juni 1899 $14^h 45^m$, als die Lichtgrenze des abnehmenden Mondes beim 20.° westl. L. lag, stellte sich Hyginus N als heller Fleck dar. Unweit dessen Mittelpunkt, etwas gegen Süden hin, sah ich ein feines Kraterchen mit deutlichem Walle. Wie eine Messung auf der erhaltenen Aufnahme ergab, liegt das neue, bisher der Beobachtung entgangene Kraterchen etwa 6 *km* westlich von dem Zwillingskrater Hyginus N'. Objektiv: auf 6 Zoll abgeblendet; Vergrösserung: 260 fach. Die Luft war ruhig und ziemlich durchsichtig.«

Der photographische Mondatlas der Pariser Sternwarte. Von demselben ist Lieferung 4 erschienen, welche sechs Blätter Mondlandschaften in verschiedenen Vergrösserungen enthält. Dieselben entfallen mit einer Ausnahme auf die abnehmende Phase. Die Herausgeber Loewy und Puiseux geben zu diesen Blättern Erläuterungen, wegen deren auf das Original[4]) verwiesen werden muss.

Messungen der chemischen Intensität während der Mondfinsternis vom 27. Dezember 1898 hat Th. Moreux angestellt.[5]) Die chemische Intensitätskurve, welche er erhielt, zeigt, dass der verfinsterte Teil trotz seiner rötlichen Färbung noch Strahlen enthält, welche auf die photographische Platte wirken. Der Verlauf der eigentlichen Helligkeitskurve zeigt, dass das Licht abzunehmen an-

---

1) Harv. Coll. Obs. Circ. No. 43.
2) Bull. Astronomique 16. p. 129.
3) Sirius 1899. p. 185.
4) Bull. Astronomique 16. p. 290. 1899.
5) Compt. rend. 1899. 128. p. 404.

gefangen hat kurz vor dem Eintritte der Mondscheibe in den Schatten, während die chemische Intensität schon lange im Abnehmen war, zweifellos seit dem Eintreten in den Halbschatten. Die Helligkeitsabnahme infolge des Eintrittes in den Halbschatten ist so gering, dass unsere Augen dieselbe nicht wahrnehmen können. Daher war bei der letzten Finsternis der Eintritt in den Halbschatten dem Auge erst um $9^h 30^m$ merklich (statt um $8^h 42^m$), während die Messungen der chemischen Intensität und die direkten Photographien zeigen, dass der Halbschatten eine merkliche Wirkung auf die Platte hatte.

Die totale Mondfinsternis am 27.—28. Dezember 1898. Bei wolkigem und unruhigem Wetter wurde diese Finsternis auf der Sternwarte zu Uccle von Niesten am grossen Refraktor (von 380 *mm* Öffnung) bei 90facher Vergrösserung beobachtet. Der Eintritt des Schattens in die Mondscheibe konnte wegen Bewölkung nicht beobachtet werden. Um die Zeit der Totalität waren auf der beschatteten Scheibe alle Details sichtbar, und der Schatten beim Anblick mit blossem Auge so wenig dunkel, dass man hätte zweifeln können, ob der Mond überhaupt verfinstert sei. Eine halbe Stunde später ($0^h 13^m$ früh) war der Schatten dunkler; $0^h 33^m$ glänzte bereits Grimaldi silberhell, der beschattete Teil des Mondes erschien rotgrau. Stuyvaert beobachtete am Refraktor von 150 *mm* Öffnung ebenfalls bei 90facher Vergrösserung. Als der Mond total verfinstert war, erschien die Mitte der Scheibe nur unmerklich rot, mit blossem Auge zeigte sich dagegen der Mond als rötliche Scheibe. Um $0^h 43^m$ erschien der Schatten rötlichgrau. Gautier auf der Sternwarte in Genf war vom Wetter sehr begünstigt. Der Schatten erschien anfangs von grauer Farbe, der Mondrand wurde erst gelblich, dann rötlich. Als der Mond $11^h 57^m$ völlig verfinstert war, erschien er kupferfarbig und behielt diese Farbe während der ganzen Totalität bei. Als die Hälfte der Mondscheibe wieder aus dem Schatten heraus war, blieb der beschattete Teil merklich dunkler, als während der entsprechenden Phase vor der Totalität. Es schien Gautier ebenso wie Konsul Basso, der an einem 6zolligen Refraktor beobachtete, sehr auffallend, dass die Verdunkelung des Mondes relativ schwach blieb selbst um die Mitte der Totalität. Alle Details der Mondscheibe waren so gut sichtbar, wie im Vollmonde, besonders die glänzenden Krater, wie Tycho, Kepler, Aristarch und deren Strahlensysteme. Zum Teil rührt dies nach Gautier's Meinung daher, dass der Mond nicht durch das eigentliche Schattenzentrum der Erde hindurchging, dann aber wohl auch, weil die Erdatmosphäre wahrscheinlich in den Teilen, welche den Schatten der Erde begrenzten, sehr transparent war. Letztere Ursache dürfte übrigens nach den Untersuchungen von Prof. Seeliger über die Vergrösserung des Erdschattens nicht von Einwirkung sein. Bei der Bedeckung mehrerer kleiner Sterne durch den Mond während der Finsternis

sahen sowohl Gautier als Basso, dass dieselben während einiger Sekunden am Mondrande klebten, eine bekannte Diffraktionserscheinung, welche durch das Fernrohr verursacht wird. Die nämliche Erscheinung sah Baillaud auf der Sternwarte in Toulouse. Nach der Totalität erblickte er mit blossem Auge auf der Mondscheibe einen rötlichen Fleck, umgeben von grünlichblauen Kreisen. P. Marty zu Caillac war überrascht von der grossen Helligkeit der Mondscheibe während der totalen Verfinsterung, die Farbe erschien ihm violettrot; auch F. Bianchi bemerkt die geringe Verdunkelung des Mondes.

Auf der Leipziger Sternwarte beobachtete F. Hayn und bemerkt: »Der Mond war während der Totalität sehr hell. Zum Verlaufe der Finsternis, wie sie sich dem Beobachter am Refraktor darstellte, ist folgendes zu bemerken: Bei und nach dem Eintritte des Kernschattens auf die Mondscheibe war die Schattengrenze sehr verwaschen, auf der Mitte der Mondscheibe war sie aussergewöhnlich scharf, kurz vor Eintritt der Totalität dagegen erschien sie so gleichmässig abgetönt, dass man von einer Grenze kaum noch sprechen konnte. Diese Erscheinungen wiederholten sich in umgekehrter Reihenfolge in genau der gleichen Weise nach der Totalität.

Von dem etwa 76′ im Durchmesser haltenden Schatten erschien die mittlere Zone, 18′ Radius kupferfarbig, etwa dem nicht weit davon stehenden Mars vergleichbar, die folgende Zone nach einem Übergange durch orange rein gelb und von etwa 20′ vom Schattenzentrum an sehr hell. Während der partiellen Verfinsterung erschien die äusserste Zone des Schattens, von etwa 5′ Breite, aschgrau und ziemlich dunkel, gut begrenzt nach aussen, abgetönt nach innen. Doch war dies wohl in der Hauptsache Kontrastwirkung, denn bei Beginn und Ende der Totalität verschwand diese Erscheinung mehr und mehr.«

Die geringe Dunkelheit oder Dichte des Schattens bei dieser totalen Mondfinsternis ist also eine Erscheinung, die als reell betrachtet werden muss.

Untersuchungen über die Temperatur der Mondoberfläche hat Frank W. Very in weitem Umfange und mit grosser Sorgfalt angestellt[1]). Um eine möglichst sichere Unterlage zu gewinnen, hat er zunächst die Wärmestrahlung einer Anzahl von Substanzen bei mässigen Temperaturen untersucht und dabei zwei Hauptabteilungen unterschieden, nämlich: a) Körper mit starker Ausstrahlung an der Oberfläche und b) solche mit schlechtem Strahlungsvermögen. Beide Abteilungen zerfallen wieder in die Klassen der guten (a_1, b_1) und der schlechten Wärmeleiter (a_2, b_2). Die Klassen a_1, a_2, b_1 absorbieren in Schichten von geringer Dicke den grössten Teil der Wärmestrahlen, während die Klasse b_2 aus wenigen Sub-

[1]) Astrophysical Journal 8. p. 199 u. 265 ff.

stanzen besteht, welche aber ausserordentlich durchgängig für die Wärmestrahlen von niedriger Temperatur sind, so dass bei diesen Körpern selbst sehr rohe Schätzungen die Strahlung aus dem Innern nicht unberücksichtigt lassen dürfen. Anderseits spielt auch die Dauer der Wärmeeinstrahlung eine bedeutende Rolle, und beim Monde können, infolge der sehr langen ununterbrochenen Bestrahlung durch die Sonne, Substanzen, welche die grössten Verschiedenheiten im Leitungs- und Absorptionsvermögen für Wärme besitzen, schliesslich nahe die gleiche Temperatur erlangen. Die innere Wärmeabsorption von sehr durchlässigen Substanzen der Klasse b_2 erzeugt zuletzt die nämliche Wirkung wie vollkommene Leitungsfähigkeit. Die anfängliche Temperaturzunahme ist gering, aber die innere Verteilung der Wärme wird sehr nahe gleichförmig, und zuletzt erhält sich bis in tiefe innere Schichten hohe Temperatur, und die allgemeine Wirkung der Strahlen aus allen Tiefen einer grossen Masse ist dann nach aussen hin ähnlich derjenigen eines Körpers von vollkommener Ausstrahlung. Eine lange Bestrahlung gleicht in bedeutendem Masse Unterschiede der Absorptions- und Strahlungsfähigkeit aus. Stark absorbierende Körper von geringer Leitungsfähigkeit (Klasse a_2) erreichen rasch eine sehr hohe Oberflächentemperatur, und fernere Einstrahlung beeinflusst dann hauptsächlich die Wärmeverteilung im Innern derselben. Die Klasse b_1 besteht aus Metallen, deren eigene Strahlung nur gering ist, die aber in hohem Grade Wärme reflektieren. Ein wichtiger Umstand im vorliegenden Falle ist der, dass bei genügend langer Bestrahlung durch die Sonne unter der Oberfläche der Körper ein stabiler Temperaturgradient entsteht, und ein grosser Teil der aufgenommenen Wärme bald wieder ausgestrahlt wird, so dass Ausstrahlung und Reflexion zusammen bei gut wie bei schlecht wärmestrahlenden Körpern nahezu gleich ist der von beiden empfangenen Bestrahlung. Infolge dieses günstigen Umstandes wird die Unsicherheit in der Deutung der durch die Beobachtungen ermittelten Thatsachen wesentlich eingeschränkt.

Russgeschwärztes Kupfer und Eis von 0^0 C. Temperatur zeigen fast die gleiche Wärmestrahlung, flüssiges Wasser zeigt eine stärkere (nach Péclet). Als Repräsentant einer sehr grossen Klasse von Körpern, besonders der Felsmassen, kann das Glas dienen. Die anfängliche Wärmestrahlung von Glas bei Temperaturen, die nicht weit unter dem Siedepunkte des Wassers liegen, beträgt in senkrechter Richtung 93% von der Strahlung des Russes; bei grossen Ausstrahlungswinkeln ist sie geringer, und man kann sie durchschnittlich für eine volle Halbkugel zu etwa 85.7% annehmen.

Einige Teile der Erdoberfläche sind von Salzschichten bedeckt, aber dasselbe ist so unrein, dass man die für dicke Schichten desselben durch Experimente gefundene relativ starke Wärmeausstrahlung in Wirklichkeit nicht erwarten darf. Auf der dürren Oberfläche des Mondes könnten möglicherweise von Salz bedeckte Flächen in wesentlich grösserer Ausdehnung als auf der Erde vorkommen, allein

nur wenige Regionen des Mondes sind weiss genug, um dort eine reine Salzoberfläche anzunehmen. Es wird immer wahrscheinlicher, dass der kosmische Staub zum grossen Teile metallischer Natur ist, und da seine Teilchen leicht oxydieren, so könnten damit bedeckte Oberflächen sich in ihrer Strahlung mehr wie geschwärztes als wie glänzendes Kupfer verhalten und die Wärmestrahlung des letztern dürfte ein geeignetes Vergleichsobjekt mit derjenigen der Mondoberfläche bilden. Überhaupt ist es wahrscheinlich, dass die Ausstrahlungsweise grosser Teile der Mondoberfläche zwischen derjenigen des dunklen Kupfers und derjenigen sonnenbeschienener Felsen liegt, welch letztere der erstern übrigens nicht sehr nachsteht. Messungen an Steinsalz, Glas, dünnen Glasscheiben, welche eine Wasser- oder Quecksilberfläche bedeckten, wurden von Frank Very angestellt, um eine Unterlage zum Vergleiche mit den Messungen der Wärmestrahlung des Mondes zu liefern und letztere zu deuten. Er gelangte zu dem Resultate, dass als Normalmass für die Strahlung am besten ein dünnwandiges, mit einer siedenden Flüssigkeit von konstanter Temperatur gefülltes Glasgefäss dienen kann, bei welchem die Strahlung der heissen Dämpfe durch Schirme abgehalten wird.

Die Ansichten über die wahre Temperatur der Mondoberfläche gehen, wie schon erwähnt, sehr auseinander. John Herschel behauptete, die Oberfläche des Vollmondes müsste bis zu einem hohen Grade erhitzt sein, Ericsson dagegen beharrte bei der Ansicht einer ewigen, intensiven Kälte und meinte, auch im vollen Sonnenscheine könne die Temperatur der Mondoberfläche keine 80° F. über dem absoluten Nullpunkte erreichen. Prof. Young äussert sich, diese Temperatur erreiche niemals den Gefrierpunkt des Wassers, weil Messungen des infraroten Spektrums des Mondes die Gegenwart einer beträchtlichen Strahlung von grösserer Wellenlänge als diejenige, die ein Eisblock aussendet, anzeigten, woraus hervorgehe, dass diese Strahlen von einem Körper kämen, der kälter ist als Eis. Diese Schlussfolgerung ist indessen unrichtig, weil durch die Absorption in unserer Atmosphäre der Punkt der stärksten Strahlung im Spektrum verschoben wird. Wählt man Strahlungen, auf welche unsere Atmosphäre nur eine geringe Absorption ausübt, so lässt sich zeigen, dass die wirkliche Strahlung des sonnbeschienenen Mondes sicherlich von einer Materie herkommt, die über den Eispunkt erwärmt ist, und ähnliches zeigt die sinngemässe Weiterführung der spektralen Energiekurve des Mondlichtes unter Berücksichtigung der atmosphärischen Absorption.

Die von Ericsson und Peal aufgestellte Theorie der Vergletscherung der Mondoberfläche ist von Frank Very durch einen interessanten Versuch geprüft und widerlegt worden. Er untersuchte die Wärmestrahlung einer von der Sonne beschienenen Schneefläche an einem heitern Tage zwischen 1 und 2 Uhr nachmittags. Dabei ergab sich, dass Glas durchschnittlich 79 % der Wärmestrahlen, die diese Fläche aussendet, durchliess. Dann wurde diese Schneefläche

mit Russ bestreut, so dass sie grau aussah, wodurch ihre Reflexion oder Helligkeit auf weniger als ein Drittel herabgebracht wurde. Nichtsdestoweniger war die Durchlässigkeit ihrer Wärmestrahlung für Glas kaum verändert, sie betrug nämlich 80.3 %. Anderseits liess dieses Glas nur 12 — 17 % der Wärmestrahlen des Mondes hindurchgehen, woraus sich ergiebt, dass diese Strahlen nicht von einer Oberfläche stammen, die sich wie eine Schneefläche verhält. Dadurch scheint bewiesen, dass der Mond keineswegs mit Schnee und Eis bedeckt ist, und die dunklen, runden Mare desselben keineswegs Regionen sind, in denen aus lokalen Ursachen der Schnee geschmolzen ist. Auch die Meinung von Peal, dass die alten Schneeflächen des Mondes mit kosmischem Staube bedeckt seien, wird durch die zweite Hälfte des Very'schen Experimentes widerlegt.

Auf Grund der eigenen und der Untersuchungen von Dr. J. T. Bottomley giebt Frank Very eine Tabelle, welche die Beziehung der Strahlungsgrössen zur Temperatur in Thermometergraden (vom absoluten Nullpunkte an gerechnet) ausdrückt. Dieselbe folgt hier im Auszuge:

Temperatur	Strahlung	Temperatur	Strahlung
25°	0.0002	300°	0.0099
50	0.0004	350	0.0164
100	0.0009	400	0.0251
150	0.0018	450	0.0373
200	0.0033	500	0.0544
250	0.0058	525	0.0650

Als Strahlungseinheit gilt die Wärmestrahlung einer Wasserfläche von 1 *qcm* pro Sekunde für 1° C. Wärmeüberschuss. Dieser Einheit giebt Very die Bezeichnung Radim (von radius = Strahl, und im, Abkürzung für imago = Bild).

Von den vom Monde kommenden Wärmestrahlen wird nur ein Teil von dem Glase durchgelassen, und zwar hauptsächlich die an der Mondoberfläche reflektierten Sonnenstrahlen. Die Messungen Very's wurden hauptsächlich während des Winters angestellt, und diese ergaben als Verhältnis der Mondstrahlung, die Glas durchlässt, zu derjenigen, die es absorbiert, den Bruch $^1/_6$. Das benutzte Glas absorbiert 23 % der Sonnenstrahlung und lässt 2 % der Strahlung von so niedriger Temperatur wie siedendes Wasser durch. Mit Rücksicht hierauf wird das Verhältnis der reflektierten Strahlen unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Transmission der äussersten roten Strahlen in der Erdatmosphäre im Winter grösser als im Durchschnitte ist, ausserhalb der Atmosphäre = 13.1 %. Sie ist also ein wenig geringer als der Prozentsatz für die leuchtenden Strahlen oder die sogenannte Albedo, die Very zu 0.157 berechnet. Dieser letztere Wert ist aber in den einzelnen Teilen des Mondes sehr verschieden; er sinkt in den dunklen Maren auf 0.09 und steigt in den hellen Flächenteilen auf 0.23. Auf der Erde ist in gleicher

Weise die Reflexionsfähigkeit verschiedener Gesteine sehr ungleich, beim Diorit oder dunklen Schiefer beträgt sie 0.09, beim Thon 0.16, beim weissen Quarzit 0.25. Die sämtlichen reflektierten Strahlen verhalten sich vielleicht nicht genau so wie die leuchtenden Strahlen, aber sehr viel weichen sie in keinem Falle von dem Verhalten der letztern ab, auch ist erwiesen, dass die Strahlen von grosser Wellenlänge weniger vollkommen von der Mondoberfläche reflektiert werden als die kurzwelligen. Man kann daher für die mittlere Reflexion aller vom Monde kommenden Strahlen etwa den Wert $^1/_8$ ansetzen. Nur für die Randzone des Mondes dürfte ein etwas grösserer Bruch als $^1/_8$ anzunehmen sein.

Frank Very ist der Meinung, dass auf dem Monde lokale Variationen der Temperatur stattfinden und mit der Reflexionsfähigkeit des Bodens zusammenhängen. Die hellen Flächen reflektieren mehr Wärmestrahlen und absorbieren weniger als die dunklen, sie müssen also kälter sein wie diese; allein da die Strahlung der dunklen Teile in unserer Atmosphäre stärker absorbiert wird, so scheinen diese allerdings kälter zu sein als die hellen. Messungen ergaben bei fast senkrechter Bestrahlung, dass die totale Radiation der hellen Regionen etwa 11 % grösser ist als die gesamte Strahlung der dunklen, während letztere bei sehr schräger Bestrahlung weniger Strahlen reflektieren. Bei einem Phasenwinkel von 70° vom Vollmonde fand Very als totalen Wärmeeffekt 27.4 % der Strahlung des Vollmondes, dagegen 37.5 % $1^1/_2$ Tage vor dem letzten Viertel, während Zöllner für das entsprechende Helligkeitsverhältnis des Mondlichtes 14.4 % erhielt. Very hat eine Anzahl von Messungen der Strahlung von Regionen längs des Mondäquators ausgeführt zu verschiedenen Zeiten an Vor- und Nachmittagen des Mondtages, um das Verhältnis der Radiation bei verschiedenen Einfallswinkeln der Sonnenstrahlen zu ermitteln. Als Ergebnis dieser Beobachtungen giebt er folgende Tabelle, in welcher i den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, e die wahre Strahlung des Mondbodens und t die berechnete effektive Temperatur des letztern in C.-Graden, vom absoluten Nullpunkte aus gezählt, bezeichnen:

1889	i	e	t
23. Januar . . .	102°	0.00000	0°
7. Februar . . .	76	0.00632	258
23. Januar . . .	75	0.00725	272
23. » . . .	67	0.01461	337
10. April	61	0.01341	329
12. Januar . . .	46	0.01995	372
17. » . . .	38	0.02872	417
15. April	31	0.03409	438
13. »	23	0.03563	448
15. »	16	0.03754	451
15. »	4	0.03841	453

Am 23. Januar 1889 lag der Punkt, dessen Wärmestrahlung gemessen wurde, in der Mondnacht (da i grösser als 90°), und die Messungen ergaben keinerlei Andeutung von Strahlung, so dass die Temperatur derjenigen des absoluten Nullpunktes gleichzusetzen ist. Dies stimmt gut mit der (von Lord Rosse) gefundenen Thatsache, dass bei einer Mondfinsternis der Fortfall der Sonnenstrahlung auf ein paar Stunden schon hinreicht, die Mondstrahlung von ihrem normalen Werte auf 1 % desselben herabzubringen.

Die Erdatmosphäre lässt wahrscheinlich mindestens 50 % der äussersten infraroten Strahlen, welche ein Körper von sehr tiefer Temperatur aussendet, durch, und der Beobachtungsapparat ist im stande, strahlende Körper von nur 25° C. Temperaturunterschied selbst in der Nähe des absoluten Nullpunktes zu unterscheiden. Daher kann, sofern der Mond nicht (was ganz unwahrscheinlich ist) eine Atmosphäre besitzt, die die langwelligen Strahlen zurückhält, die Temperatur des Mondbodens in der Mondnacht schwerlich höher sein als 50°, höchstens 100° über dem absoluten Nullpunkte. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Mondoberfläche nachmittags erkaltet, beweist, dass dort keine stark absorbierende Atmosphäre vorhanden sein kann, und die äusserst tiefe Temperatur des dortigen Bodens während der langen Mondnacht ist also, wie Frank Very betont, so sicher erwiesen, als irgend etwas auf indirektem Wege bewiesen werden kann. Bestätigt wird dieser Schluss durch eine andere Berechnungsweise dieser Temperatur. Die Sonne strahlt dem Monde ebenso wie der Erde 0.05000 Radim zu, wovon der Mond $^7/_8$ absorbiert und den Rest ausstrahlt. Die ausstrahlende Fläche ist aber mehr als doppelt so gross wie der Querschnitt des Strahlenkegels der Sonne. Die mittlere eigene Ausstrahlung des Mondes auf der Tagesseite ist daher nicht viel verschieden von 0.0219, entsprechend einer mittlern Temperatur einer geschwärzten Kupferscheibe von 383° über dem absoluten Nullpunkte.

Die Erde bewahrt infolge ihrer Atmosphäre die erworbene Temperatur und strahlt bei Tag und bei Nacht von einer fünfmal so grossen Oberfläche aus, als der Querschnitt des Kegels der Sonnenstrahlen umfasst. Wenn ihre reflektierende Kraft die nämliche wäre wie die des Mondes, so wäre ihre eigene Strahlung 0.011 Radim, korrespondierend einer mittlern absoluten Temperatur von 310° oder + 37° C. einer geschwärzten Kupferoberfläche. Die wirkliche mittlere Temperatur der Erde ist aber etwa + 15° C., und ihre Reflexionsfähigkeit muss daher die des Mondes übertreffen, wie es wirklich der Fall ist. Nimmt man an, dass die Erde 0.3 der Sonnenstrahlen reflektiert, so erhält man eine befriedigende Übereinstimmung zwischen der Theorie und den Thatsachen.

Vom Aufgange der Sonne bis zu ihrer Kulmination bleibt die Ausstrahlung des Mondes etwas unter der Einstrahlung, nach derselben ist sie etwas grösser, dann aber etwas geringer, wie folgende

Tabelle zeigt, deren Temperaturwerte Frank Very aus Beobachtungen und einer darauf begründeten Kurve abgeleitet hat:

Einfallswinkel der Sonnenstrahlen	Temperatur vormittags	Temperatur nachmittags
0°	454°	454°
10	453	453
20	447	450
30	430	440
40	400	424
50	365	400
60	331	365
70	292	318
80	227	240
90	6	75

Aus dieser Tabelle ergiebt sich, dass die Temperatur des Mondbodens 24 Stunden vor Untergang der Sonne bereits der Gefriertemperatur des Wassers entspricht. Dabei kommen wahrscheinlich lokale Abweichungen vor, indessen sind dieselben gering; dagegen ist auffallend, dass in der Nähe der Mondpole eine etwas stärkere Strahlung stattfindet, als sonst am Mondrande. Der Beobachter glaubt, dass dies eine Folge der längern Bestrahlung der Pole durch die Sonne ist, wodurch dort eine etwas höhere Temperatur entsteht. Dies ist wahrscheinlich der Fall, denn die Berghöhen an den Mondpolen sind zum Teil so gross, dass die Sonne für einzelne überhaupt niemals untergeht und nur bei totalen Finsternissen verschwindet. Als Mittelwert für die Strahlung der von der Sonne beschienenen Mondfläche findet man aus den Beobachtungen von Frank Very 0.019 52 Radim, entsprechend einer mittlern Temperatur von $+ 97^0$ C.

Als Endergebnis seiner Untersuchungen spricht Frank Very sich dahin aus, dass durch dieselben erwiesen wird, dass ein grosser Teil der Mondoberfläche täglich bedeutende Temperaturschwankungen erleidet. Die Gesteinsmassen derselben werden unter denjenigen Breitengraden, wo die Sonne mittags hoch über den Horizont steigt, zu einer Temperatur, welche die des siedenden Wassers übersteigt, erhitzt, und nur die schrecklichsten Wüsten auf unserer Erde, in welchen der glühende Sand die Haut versengt, und Mensch und Tier tot niederfallen, können um ihre Mittagsstunden der wolkenlosen Oberfläche unseres Satelliten verglichen werden. Nur allein die äussersten Polargegenden des Mondes geniessen eine erträgliche Temperatur während des Tages: bei Nacht freilich müssten wir Höhlenbewohner werden, um uns vor der alsdann auf der Mondoberfläche herrschenden intensiven Kälte zu schützen. »Aber,« schliesst Frank Very, »so beträchtlich die mittägige Hitze auf dem Monde auch sein mag, sie würde noch grösser sein, wenn der Mond eine der unserigen vergleichbare Atmosphäre besässe, und so mag möglicherweise der relative Mangel einer Lufthülle um den Mond, den man so oft als Ursache des Fehlens alles Lebens auf diesem

Weltkörper bezeichnet hat, in Wirklichkeit das einzige Mittel sein, eine gewisse Art von Leben vor der Zerstörung durch die grosse Hitze zu bewahren.«

Die Untersuchungen Frank Very's haben die Frage nach den Temperaturverhältnissen der Mondoberfläche endlich zu einem den Anforderungen der heutigen Wissenschaft entsprechenden vorläufigen Abschlusse gebracht. Wir wissen jetzt mit Bestimmtheit, dass während des Mondtages die Durchschnittstemperatur merklich über dem Gefrierpunkte des Wassers liegt und im Maximum bis über den Siedepunkt des letztern steigt, dass dagegen schon vor Sonnenuntergang die Temperatur dort unter den Gefrierpunkt sinkt, und während der langen Nacht der Mondboden bis zu 150, ja vielleicht 200° unter Null erkaltet.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1898. Prof. H. Kreutz hat eine Zusammenstellung derselben gegeben,[1]) der folgendes entnommen ist:

Komet 1898 I, entdeckt von Perrine auf Mount Hamilton am 19. März in 21^h Rekt. und $+ 17^0$ Dekl. Der Komet, der kurz vorher sein Perihel passiert hatte und am 25. März die grösste Erdnähe erreichte, stand schon wenige Tage nach der Entdeckung im Maximum seiner Helligkeit. Er besass einen sternartigen Kern 9. Grösse, der von einer Coma von 2′ Durchmesser umgeben war. Ein mässig breiter Schweif erstreckte sich 1° lang. Die Gesamthelligkeit war die eines Sternes 7. Grösse. Das Aufsteigen in nördliche Deklinationen und die langsame Abnahme der Helligkeit sicherten eine lange Beobachtungsdauer. Noch Mitte Juli schildert Kobold den Kometen als einen kleinen, ziemlich hellen, runden Nebel mit einem Kerne 12.—13. Grösse. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, kann noch nicht gesagt werden, da die Beobachtungsreihen, vor allem die der Lick-Sternwarte, noch nicht vollständig veröffentlicht sind. Von den bisher publizierten Beobachtungen ist die von Villiger in München am 18. Juli angestellte die letzte.

Die Bahn des Kometen zeigt, wie zuerst Perrine hervorgehoben hat, einen ausgesprochen elliptischen Charakter. Die von Berberich und Pokrowski aus zahlreichen Beobachtungen vom 21. März bis 21. Mai abgeleiteten Elemente lauten:

$$T = 1898 \text{ März } 17.11244 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 47^0\ 15'\ 4.0'' \\ \Omega &= 262\ \ 24\ \ 37.1 \\ i &= 72\ \ 32\ \ 45.2 \end{aligned}\right\} 1898.0$$

$$\log q = 0.039204$$

$$\log e = 9.989776$$

$$U = 322.56 \text{ Jahre.}$$

Im niedersteigenden Knoten nähert sich der Komet der Jupitersbahn bis auf 1.3 Erdbahnhalbmesser.

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellsch. 34. p. 72.

Winnecke'scher Komet 1898 II. Für diese Erscheinung des Winnecke'schen Kometen hatte Hillebrand mit Zugrundelegung von Elementen, die sich in den nachgelassenen Papieren von Haerdtl's vorfanden, eine Ephemeride gerechnet, nach welcher der Komet am 1. Januar 1898 von Perrine auf Mount Hamilton aufgefunden wurde. Der Komet war selbst im 36 Zöller sehr klein und schwach, hatte 10—15″ im Durchmesser und zeigte in der Mitte eine hellere Verdichtung. Mit abnehmender Entfernung von Sonne und Erde wurde derselbe allmählich heller, so dass er auf der Lick-Sternwarte im Februar auch im 12 Zöller ohne Schwierigkeit beobachtet werden konnte. Der Durchmesser der Nebelmasse betrug zu dieser Zeit 1′, in der Mitte zeigte sich eine Verdichtung 12.—13. Grösse. Leider rückte der Komet immer mehr ins Tageslicht, so dass schon am 28. Februar die Beobachtungen geschlossen werden mussten. Ausser auf der Lick-Sternwarte scheint der Komet nirgends beobachtet zu sein.

Die nachfolgenden Elemente von Haerdtl's enthalten für die Zeit seit 1892 nur die Jupiterstörungen, die sehr beträchtlich gewesen sind; das Datum der Oskulation ist die angegebene Epoche.

Epoche 1898 März 15.0 mittlere Zeit Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 359^\circ\ \ 3'\ 52.0'' \\
\omega &= 173\ \ 21\ \ 27.5 \\
\Omega &= 100\ \ 33\ \ 11.5 \\
i &= \ \ 16\ \ 59\ \ 33.8
\end{aligned}
\left.\vphantom{\begin{aligned}\omega\\\Omega\\i\end{aligned}}\right\}\ 1900.0
$$

$$
\begin{aligned}
\varphi &= \ \ 45\ \ 37\ \ 14.1 \\
\mu &= 608.5559'' \\
\log a &= 0.510471 \\
T &= 1898 \text{ März } 20.534 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\
U &= 5.831 \text{ Jahre.}
\end{aligned}
$$

Eine gleich ungünstige Erscheinung wie die vorliegende war die von 1875 (1875 I, Perihel 12. März). Auch damals ist der Komet nur sehr wenig vom 1.—16. Februar beobachtet worden.

Encke'scher Komet 1898 III. Nach der Vorausberechnung von Iwanow ist der Komet von Tebbutt in Windsor 15 Tage nach dem Perihel am 11. Juni aufgefunden und bis zum 15. Juni beobachtet worden. Im $4^1/_2$ zölligen Äquatoreal zeigte er sich als ein gut zu beobachtender Nebel von 30″ Durchmesser. Um so erstaunter war Tebbutt, als er am 25. und 26. Juni den Kometen wieder aufsuchen wollte und denselben in einer Ausdehnung von 2—3′ so nahe an der Grenze der Sichtbarkeit fand, dass eine Beobachtung im $4^1/_2$ Zöller nicht möglich war. Auch im 8 Zöller erwies sich der Komet Ende Juni und Anfang Juli für eine Ortsbestimmung viel zu schwach; am 10. Juli konnte er nur mit der grössten Mühe als ein Lichtfleck von 5—6′ im Durchmesser erkannt werden. An andern Orten der Südhalbkugel ist, soweit bis jetzt bekannt, der Komet, trotzdem die Auffindung durch Tebbutt ungesäumt telegraphisch weiter verbreitet wurde, nicht beobachtet worden. Dagegen scheint ein Liebhaber der Astronomie, J. Grigg in Thames, Neuseeland, den Kometen nach

einer selbst berechneten Ephemeride bereits am 7. Juni in einer Höhe von 3° über dem Horizont erkannt und einige Tage lang verfolgt zu haben.

Die Elemente von Iwanow lauten.

Epoche 1898 März 25.0 mittlere Zeit Berlin

$$\begin{aligned} M &= 341^\circ\ 14'\ 55.2'' \\ \omega &= 183\ \ 58\ \ 56.6 \\ \Omega &= 334\ \ 46\ \ 42.8 \\ i &= 12\ \ 54\ \ 36.9 \\ \varphi &= 57\ \ 49\ \ 14.8 \\ \mu &= 1074.2918'' \\ \log a &= 0.345923 \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \end{matrix}\right\} 1898.0 \ (\omega, \Omega, i)$$

T = 1898 Mai 26.84 mittlere Zeit Berlin
U = 3.303 Jahre.

Ein Analogon zu dieser Erscheinung bietet die von 1865 (1865 II, Perihel 28. Mai). Damals ist der Komet vom 24. Juni bis 22. Juli in Windsor, Sydney und am Cap der guten Hoffnung beobachtet worden. Die Notizen von Tebbutt lassen aber auch hier bereits Ende Juni auf grosse Lichtschwäche schliessen.

Versuche, wie 1865, den Kometen vor dem Perihel im Februar auf der Nordhalbkugel aufzufinden, sind, soviel bekannt, diesmal mangels einer Ephemeride nicht gemacht worden.

Wolf'scher Komet 1898 IV. Die Vorausberechnung von Pfarrer Thraen, die sich auf die Erscheinungen 1884 und 1891 mit strenger Berücksichtigung der Störungen gründete, hat zur Wiederauffindung des Kometen am 16. Juni 1898 durch Hussey auf Mount Hamilton geführt. Die Sichtbarkeitsverhältnisse waren in dieser Erscheinung nicht günstig; der Komet blieb immer schwach und klein mit einer zentralen Verdichtung, die selbst im Maximum der Helligkeit die 12. Grössenklasse nicht überstieg. Dagegen ist die Sichtbarkeitsdauer eine sehr lange gewesen. Noch am 22. November, also $4\frac{1}{2}$ Monate nach dem Perihel, konnte Schorr den Kometen im Hamburger Refraktor, wenn auch mit Schwierigkeit, beobachten, so dass anzunehmen ist, dass in grössern Fernrohren auch noch weiterhin Ortsbestimmungen gelungen sein werden.

Am 18.—19. Juli kam der Komet dem Planeten Mars optisch so nahe, dass beide Himmelskörper von Abetti an denselben Vergleichstern angeschlossen werden konnten.

Die Elemente von Thraen, welche für die Epoche oskulieren, lauten:

Epoche 1898 August 22.0 mittlere Zeit Berlin

$$\begin{aligned} M &= 6^\circ\ 58'\ 11.0'' \\ \omega &= 172\ \ 52\ \ 34.5 \\ \Omega &= 206\ \ 29\ \ 3.9 \\ i &= 25\ \ 12\ \ 15.8 \\ \varphi &= 33\ \ 44\ \ 2\,2 \\ \mu &= 518.3676'' \\ \log a &= 0.556912 \end{aligned} \quad \left.\begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \end{matrix}\right\} 1900.0 \ (\omega, \Omega, i)$$

T = 1898 Juli 4.60 mittlere Zeit Berlin
U = 6.845 Jahre.

Komet 1898 V, entdeckt von Giacobini in Nizza am 18. Juni in 21^h Rekt. und -21^0 Dekl. Der Komet war schwach, von der Helligkeit eines Sternes 11.—12. Grösse, hatte $^1/_2$—1′ im Durchmesser und zeigte in der Mitte eine Verdichtung von 15″ Ausdehnung. Nachdem er Anfang Juli die Erdnähe passiert hatte, nahm die Helligkeit rapid ab, so dass noch vor dem Perihel — Kobold in Strassburg stellte am 18. Juli die letzte Beobachtung an — die Beobachtungen ihr Ende fanden.

Die Elemente von Stichtenoth, abgeleitet aus Juni 19.29 und Juli 18, lauten:

$$T = 1898 \text{ Juli } 25.55046 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{aligned} \omega &= 22^0\ 24'\ 35.4'' \\ \Omega &= 278\ \ 17\ \ \ 9.8 \\ i &= 166\ \ 51\ \ \ 1.2 \end{aligned}\right\} 1898.0$$
$$\log q = 0.176460.$$

Komet 1898 VI, entdeckt von Perrine auf Mount Hamilton am 14. Juni in 3^h Rekt. und $+59^0$ Dekl. Der Komet war rund mit einem Durchmesser von 2′, ohne Kern, und besass die Helligkeit eines Sternes 10. Grösse. Mit abnehmender Entfernung von Erde und Sonne erreichte er Anfang Juli die 9. Grösse; zugleich entwickelte sich ein scharfer Kern 13. Grösse. Das allmähliche Hineinrücken in das Tageslicht erlaubte es nicht, den Kometen lange zu verfolgen; die letzte Beobachtung ist am 8. August auf Mount Hamilton angestellt worden. Nach dem Perihel musste der Komet gegen Ende September in derselben Helligkeit wie zur Zeit der Entdeckung auf der Südhalbkugel wieder sichtbar werden; es ist aber nicht bekannt, dass daselbst Beobachtungen angestellt worden sind.

Die nachfolgenden Elemente sind vom Entdecker selbst aus drei Normalörtern am 19. Juni, 12. Juli und 7. August abgeleitet worden.

$$T = 1898 \text{ August } 16.2370 \text{ mittlere Zeit Berlin}$$
$$\left.\begin{aligned} \omega &= 205^0\ 36'\ 24.0'' \\ \Omega &= 259\ \ \ 6\ \ 12.2 \\ i &= 70\ \ \ 1\ \ 36.7 \end{aligned}\right\} 1898.0$$
$$\log q = 9.796950.$$

Die Elemente zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit denen des Kometen 1785 I.

Komet 1898 VII. Als E. F. Coddington auf Mount Hamilton am 11. Juni eine am 9. d. M. zur Aufnahme der Umgegend von Antares exponierte photographische Platte entwickelte, entdeckte er auf derselben, in 16^h Rekt. und -25^0 Dekl., einen hellen Kometen, der noch an demselben Abende durch eine Beobachtung von Hussey am 12 Zöller verifiziert wurde. Unabhängig hiervon ist ferner der Komet am 14. Juni von W. Pauly in Bukarest bei Gelegenheit einer Prüfung des dem Antares benachbarten Sternhaufens G. C. 4183 entdeckt worden. Zur Zeit der Entdeckung besass der Komet einen sternartigen Kern 8. Grösse, umgeben von einer Nebelmasse von

1′ Durchmesser. Eine leichte Andeutung eines Schweifes war vorhanden. Die südliche Bewegung gestattete, den Kometen auf der Nordhalbkugel nur kurze Zeit, bis zum 19. Juli, zu beobachten; dagegen ist er auf der südlichen Hemisphäre mehrere Monate hindurch ein trotz seiner Kleinheit leicht beobachtbares Objekt gewesen, das wegen des sternartigen Kernes scharfe Ortsbesimmungen zuliess. Eine sehr ausgedehnte Beobachtungsreihe von Tebbut in Windsor geht bis Oktober 18, doch dürften wohl auch noch weitere Beobachtungen möglich gewesen sein. Am 16. November erreichte der Komet mit —84° seine grösste südliche Deklination.

Die nachfolgenden Elemente sind von Merfield aus drei Beobachtungen am 16. Juni, 11. Juli und 5. August abgeleitet worden:

$$\begin{array}{rl} T = & 1898 \text{ September } 14.1413 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\ \omega = & 233^{\circ}\ 18'\ \ 4.5'' \\ \Omega = & \ 73\ \ \ 59\ \ 23.1 \quad \Big\} \ 1898.0 \\ \log i = & \ 69\ \ \ 54\ \ 46.5 \\ q = & 0.230644. \end{array}$$

Komet 1898 VIII, entdeckt von F. L. Chase, Yale College Observatory, Newhaven, am 21. November auf vier photographischen Platten, welche am 14. November zur Bestimmung des Radianten des Leonidenschwarmes exponiert worden waren. Nachträglich ist der Komet auch auf den Platten, welche an demselben Tage zu gleichem Zwecke auf dem Harvard College Observatory, Cambridge Mass., und dem Goodsell Observatory, Northfield, exponiert waren, aufgefunden worden. Auf der Yale College Sternwarte wurde der Komet zum zweiten Male am 21. November photographiert; die erste visuelle Beobachtung ist von Coddington auf Mount Hamilton am 23. November angestellt worden. Im Fernrohre war der Komet klein, mit deutlicher Verdichtung, aber ohne eigentlichen Kern. Die Helligkeit war die eines Sternes 12. Grösse. Die zunehmende Entfernung von der Sonne wurde zunächst durch die Annäherung an die Erde kompensiert, so dass erst von Ende Januar 1899 ab ein merkliches Schwächerwerden des Kometen eintrat. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, ist zur Zeit noch nicht bekannt.

Die folgenden Elemente sind von Coddington aus drei Beobachtungen am 23. November, 7. und 16. Dezember abgeleitet worden.

$$\begin{array}{rl} T = & 1898 \text{ September } 20.1906 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\ \omega = & \ \ 4^{\circ}\ 37'\ 59.9'' \\ \Omega = & 95\ \ \ 51\ \ 35.9 \quad \Big\} \ 1899.0 \\ i = & 22\ \ \ 30\ \ 20.3 \\ \log q = & 0\ 358892. \end{array}$$

Die anfangs vermutete Identität mit Komet 1867 I hat sich nicht bestätigt.

Komet 1898 IX, entdeckt am 12. September in 10^h Rekt. + 31° Dekl. von Perrine auf Mount Hamilton und am 14. September von Chofardet in Besançon. Der Kopf des Kometen war rund, 4 — 5′ im Durchmesser, von der Helligkeit eines Sternes 8. Grösse, mit deutlichem Kerne. Da der Komet sich zu gleicher

Zeit der Sonne und Erde näherte, nahm seine Helligkeit zunächst nicht unbedeutend zu, so dass er gegen Ende September dem blossen Auge soeben sichtbar und auch die anfangs nur angedeutete Schweifentwickelung deutlicher wurde. Leider aber näherte er sich zugleich dem Tageslichte, so dass jedenfalls über Anfang Oktober hinaus keine Beobachtungen mehr möglich gewesen sind. Von den bisher publizierten Ortsbestimmungen ist die von Chofardet in Besançon am 29. September angestellte die letzte.

Den Beobachtern auf der Südhalbkugel hätte der Komet Anfang November wieder sichtbar werden müssen, doch ist bis jetzt keine Beobachtung von dort eingelaufen.

Die nachfolgenden Elemente von Berberich beruhen auf drei Beobachtungen am 15., 21. und 28. September

$$\begin{aligned} T &= 1898 \text{ Oktober } 20.57786 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\ \omega &= 162^0\ 20'\ 25.5'' \\ \Omega &= \ \ 34\ \ 53\ \ 31.6 \quad \Big\} 1898.0 \\ i &= \ \ 28\ \ 51\ \ \ 1.2 \\ \log q &= 9.623749. \end{aligned}$$

Gegen Ende Oktober ist der Komet dem Planeten Merkur bis auf 0.3 nahe gekommen.

Komet 1898 X, entdeckt am 20. Oktober von Brooks in Geneva N. Y. in 15^h Rekt. und $+ 60^0$ Dekl. Die Helligkeit war die eines Sternes 7. Grösse, der Durchmesser der Nebelhülle betrug 4′, eine zentrale Verdichtung war vorhanden. Zur Zeit der Entdeckung stand der Komet in der Erdnähe, doch fand in der nächsten Zeit wegen der abnehmenden Entfernung von der Sonne noch keine Verminderung der Helligkeit statt. Wegen interessanter photographischer Aufnahmen auf der Lick-Sternwarte vom 4.—14. November vergl. man Astrophys. Journal 8, p. 287. Die l. c. beschriebene Aufnahme vom 10. November zeigt deutlich eine Trennung des Kopfes in zwei Massen, welche im Fernrohre nicht sichtbar gewesen ist und sich auch auf einer Aufnahme vom 11. November nicht wiederholt hat. Gegen Ende November verschwand der Komet im Tageslichte; die letzte Beobachtung ist am 26. November von Winkler in Jena angestellt worden.

Ende Januar 1899 musste der Komet auf der Südhalbkugel in der Helligkeit eines Sternes 10. Grösse wieder sichtbar werden; Nachrichten über etwaige Beobachtungen stehen noch aus.

Dr. Ristenpart hat die folgenden Elemente aus drei Beobachtungen am 21., 27. Oktober und 6. November abgeleitet. Kreutz stellte denselben die Elemente des Kometen 1881 IV, auf das Äquinoktium 1898.0 reduziert, wegen ihrer frappanten Ähnlichkeit gegenüber.

	1898 X		1881 IV
$T =$	1898 November 23.19036 mittlere Zeit Berlin		1881 August 22.3
$\omega =$	$123^0\ 33'\ 40.8''$	1898.0	$122^0\ 7'$
$\Omega =$	96 20 1.4	1898.0	97 17
$i =$	140 21 4.4	1898.0	140 14
$\log q =$	9.878516		9.8018

An eine Identität ist bei dem ausgesprochenen parabolischen Charakter der Bahn des Kometen 1881 IV nicht zu denken. Offenbar aber haben wir hier Glieder derselben Kometenfamilie vor uns, für welche ein gemeinsamer Ursprung kaum von der Hand zu weisen sein wird.

Für die Wiederkehr des I. Tempel'schen Kometen im Frühjahre 1899 hatte R. Gautier eine Ephemeride gerechnet, welche aber trotz eifrigster Nachforschung auf der Lick-Sternwarte zur Auffindung nicht geführt hat.«

Zu der Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1897 [1]) ist folgendes noch zu sagen:

Komet 1896 V (Giacobini). Am 4. Januar 1897 ist der Komet auch zum letzten Male von Hussey auf Mount Hamilton beobachtet worden.

Brooks'scher Komet 1896 VI. Eine umfassende Bearbeitung der Erscheinungen von 1889 und 1896 von J. Bauschinger findet sich in den Veröff. des Königl. astron. Recheninstituts zu Berlin, Nr. 8.

Komet 1896 VII (Perrine). Aus einer grössern Reihe Beobachtungen vom 8. Dezember 1896 bis 1. März 1897 hat H. Osten die folgenden Elemente abgeleitet:

$$
\begin{aligned}
T &= 1896 \text{ November } 24.66571 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\
\omega &= 163^{\circ}\ 54'\ 2.2'' \\
\Omega &= 246\ \ 37\ \ 12.1 \quad \Big\}\ 1900.0 \\
i &= 13\ \ 40\ \ 17.4 \\
\varphi &= 42\ \ 47\ \ 15.0 \\
\mu &= 550.901 \\
\log a &= 0\ 539289 \\
U &= 6.441 \text{ Jahre.}
\end{aligned}
$$

Komet 1897 III. Die folgenden Elemente sind von J. Hewins aus Beobachtungen vom 16. Oktober bis 10. November abgeleitet worden.

$$
\begin{aligned}
T &= 1897 \text{ Dezember } 9.0302 \text{ mittlere Zeit Berlin} \\
\omega &= 66^{\circ}\ 14'\ 2.1'' \\
\Omega &= 32\ \ \ 4\ \ 40.5 \quad \Big\}\ 1897.0 \\
i &= 69\ \ 38\ \ 35.1 \\
\log q &= 0.131742.
\end{aligned}
$$

Die Kometen des Jahres 1899. In diesem Jahre sind folgende Kometen aufgefunden und beobachtet worden, wobei nach dem Vorgange der »Astronomischen Nachrichten« [2]) die Buchstaben a, b, c die Reihenfolge der Anmeldungen der Entdeckungen bei der Zentralstelle angeben. Dieselbe fällt weg, sobald es möglich ist, die definitive Bezeichnung I, II, III u. s. w. gemäss der Ordnung nach den Perihelzeiten einzuführen.

Komet 1899a, entdeckt am 2. März von Swift in Echo Mountain,
» 1899b (der periodische Tuttle'sche Komet), aufgefunden am 5. März von M. Wolf in Heidelberg,

[1]) Jahrbuch 9. p. 37.
[2]) No. 3532.

Komet 1899c (zweiter Tempel'scher, 1873 II), aufgefunden am 6. Mai von Perrine auf Mount Hamilton,
» 1899d (Holmes'scher), aufgefunden am 10. Juni von Perrine auf Mount Hamilton,
» 1899e, entdeckt am 29. September von Giacobini in Nizza.

Die Bahnelemente des Kometen Tempel 1873 II sind für die Erscheinungen 1873, 1878, 1894 und 1899 von L. Schulhof berechnet worden.[1]) Die von dem Berechner früher[2]) angegebene Beschleunigung der mittlern Bewegung dieses Kometen beruht, wie er jetzt gefunden, auf einem Fehler in Störungsrechnungen und besteht also nicht.

Die Bahn des Kometen 1890 II ist von E. Strömgreen untersucht worden,[3]) mit der Absicht, festzustellen, ob dieser Komet, ähnlich wie Thraen von dem Kometen 1886 II nachgewiesen, infolge der planetarischen Störungen aus einer parabolischen in eine hyperbolische Bahn geworfen worden sei. Die Rechnung ergab, dass der Komet 1890 II sich in hyperbolischer Bahn der Sonne genähert, und dass die Differenz e—1, welche im September 1889 0.001012 betrug, anfangs rasch abnahm, dann sich aber mehr und mehr einer festen Grenze näherte, deren Wert der Rechner zu 0.00012 bestimmt.

Der Komet 1899a (Swift) ist auf der Lick-Sternwarte sorgfältig beobachtet worden.[4]) C. D. Perrine hat am 36 Zoller besonders die physischen Veränderungen im Kopfe des Kometen studiert. Vor dem Periheldurchgange erschien das Gestirn als einfache, runde, gegen die Mitte hin heller werdende Nebelmasse mit schwachem Kerne und höchstens einer Spur von Schweif. Nach dem Perihel war der Kern heller, und der Komet zeigte einen mehrere Grad langen Schweif. In den Frühstunden des 7. Mai glich der Kern einem Sterne 7. Grösse, und der Kopf des Kometen hatte einen Durchmesser von 6′. Am 11. Mai war ein zweiter Kern deutlich sichtbar 9.5. Grösse, während der andere 8. Grösse erschien. Die Distanz beider betrug 12.5″; sie nahm zu und war am 21. Mai 29.4″ dabei der Hauptkern 9., der andere 11.5. Grösse. Am 26. Mai konnte bei schlechter Luft der zweite Kern nicht mehr gesehen werden, ebensowenig am 3. Juni, wo der andere Kern 9. Grösse geschätzt wurde. Am 4. Juni erschien dieser sternartig und 8.5. Grösse, etwa 1″ im Durchmesser und von einer hellen Nebelkondensation umhüllt, die gegen Süd hin eine Verlängerung zeigte, ähnlich einer sekundären Kondensation. Am 8. Juni erschien diese sehr schwach. Nach dem Erscheinen dieser Kondensation nahm der Kern rapid an Helligkeit ab und war am 26. Juni nur noch 12. bis 13. Grösse.

---

[1]) Bull. Astronomique 16. p. 298. 1899.
[2]) A. a. O. 15. p. 344.
[3]) Öfversigt af k. Sv. Vet. Akad. Förhandl. 1898. No. 7, 9. Stockholm.
[4]) Publ. of the Astron. Society of Pacific 1899. No. 69.

Perrine hat am 18. Mai und 9. Juni auch Messungen angestellt, um festzustellen, ob das Licht kleiner Sterne beim Durchgange durch den Kopf des Kometen eine Brechung erleide. Eine solche hat W. Meyer bei dem Grossen Kometen 1881 III wahrzunehmen geglaubt,[1] während Burnham und Barnard beim Wolf'schen Kometen 1891 nichts dergleichen fanden.[2] In den Beobachtungen von Perrine passierte der Kern des Kometen zwischen zwei kleinen Sternen, und infolge einer etwaigen Lichtbrechung hätte die scheinbare Distanz derselben um den doppelten Betrag der Refraktion vergrössert werden müssen. Es zeigte sich indessen keine Spur von Lichtbrechung, obgleich die Lichtstrahlen der gemessenen Sterne am 18. Mai etwa 160000, am 9. Juni 122—134000 englische Meilen durch die Materie des Kometenkopfes zurücklegen musste.

Von grosser Wichtigkeit sind die photographischen Aufnahmen des Kometen, welche auf der Lick-Sternwarte erhalten wurden. Sie wurden von E. F. Coddington und H. K. Palmer nach dem Periheldurchgange in der Zeit vom 6. Mai bis zum 13. Juni 1899, so oft die Umständes erlaubten, angestellt. Im ganzen sind 30 Negative erhalten worden, darunter neun von Coddington mit dem Crocker-Photographic-Telescope und 21 mit einer 6zolligen Willard-Linse durch Palmer. Da sich ergab, dass es wegen der Lichtschwäche des Kometen nicht möglich war, befriedigende Aufnahmen mit kurzen Expositionen zu erhalten, und auf diese Weise etwaige rasche Veränderungen im Schweife zu konstatieren, so wurde die ganze verfügbare Zeit jeder Nacht auf eine einzige Exposition verwendet. Man sieht deshalb auf den Aufnahmen, bei denen der Komet während der Expositionsdauer unverrückt im Gesichtsfelde gehalten wurde, die Sterne in seiner Umgebung als Striche, weil diese eine von der des Kometen verschiedene scheinbare Bewegung besitzen. Die Länge des Schweifes war am 10. Mai anscheinend am grössten, wie die Photographie zeigte betrug sie über 9°, oder 15 Millionen engl. Meilen. Dem blossen Auge erschien damals der Komet als ein nebeliger Stern 5. bis 6. Grösse. Der Rechnung nach musste der Komet das zweite Maximum seiner Helligkeit erst am 22. Mai erreichen, aber am 15. Mai war der Schweif nach 144 Minuten Expositionsdauer nur noch 5° 40′ lang. Die grösste Veränderung im Aussehen des Schweifes fand zwischen dem 6. und 7. Mai statt, doch sind die damals erhaltenen Negative zu schwach zur Reproduktion. Die Aufnahme vom 6. Mai zeigt einen Hauptarm des Schweifes von 7° Länge, neben dem an jeder Seite ein kurzer Schweif erscheint. Auf der Darstellung vom 7. Mai sieht man an jeder Seite eine Anzahl von kurzen Strichen, und das Ganze bietet ein Aussehen, als wenn der Kopf des Kometen um eine zur Sonne gerichtete Achse rotierte, und die einzelnen Schweifsträhne durcheinander verschlungen

[1]) Astr. Nachr. No. 2471.
[2]) A. a. O. No. 3072.

seien. Eine Andeutung davon sieht man auf der Photographie vom 8. Mai, doch scheint die Verschlingung hier weiter vom Kopfe entfernt als in der vorhergehenden Nacht; auch in der Photographie vom 9. Mai zeigen sich noch Spuren derselben. Auf einer am 9. Juni erhaltenen Photographie erscheint die Nebelmasse in der Nähe des Kometenkopfes elliptisch und lässt die Bildung eines zweiten Schweifes vermuten, der mit dem bereits vorhandenen einen Winkel von vielleicht 15° macht. In der folgenden Nacht hat sich die Projektion schon zu zwei rudimentären Schweifen entwickelt. Am 13. Juni ist Gestalt und Position die gleiche, allein der Hauptschweif ist schwächer, obgleich nicht kürzer als vorher. Leider war der Komet mittlerweile so lichtschwach geworden, dass fernere Photographien nicht mehr erhalten werden konnten.

Zur Frage nach den Bahnen der Kometen ausserhalb des Sonnensystems hat Dr. E. Strömgren einen sehr bemerkenswerten Beitrag geliefert.[1]) Bis auf die letzte Zeit wurde jede Kometenbahnabhandlung mit der Angabe der Bahnelemente abgeschlossen, wie sie direkt mit Hilfe des vorhandenen Beobachtungsmaterials erhalten wurden, mit oder ohne Rücksicht auf diejenigen Störungen, welche der Komet während der Beobachtungszeit durch die Einwirkung der grössern Planeten erlitten hatte.

Thraen ist der Erste, welcher eine Rückwärtsrechnung der Störungen (für Komet 1886 II) ausgeführt hat, um die Einwirkung der Planetenstörungen vor der Beobachtungszeit zu ermitteln, d. h. um die Bahn abzuleiten, in welcher sich der Komet ursprünglich unserer Sonne genähert hat. Thraen führte die Rechnung mit Jupiter und Saturn als störenden Planeten aus und erhielt für die Bahnexzentrizitäten folgende Werte:

Oskulationsepoche	e
8. Dezember 1885	1.000228
15. August 1884	1.000177
23. April 1883	1.000052
5. Oktober 1882	1.000002

Hieraus folgert nun Thraen, dass, wenn wir zeitlich noch weiter zurückgehen würden, die Bahnexzentrizität des Kometen 1886 II unter die Einheit herabsinken würde, und dass also der Komet sich ursprünglich in einer elliptischen Bahn unserer Sonne genähert hätte.

Als Dr. Strömgren die Berechnung der Bahn des Kometen 1890 II abgeschlossen, und er für diese eine unzweifelhaft hyperbolische Exzentrizität gefunden hatte, deren wahrscheinlicher Fehler nicht den 30. Teil ihres Überschusses über die Einheit betrug ($e = 1.0004103 \pm 0.0000130$), beschloss er, in derselben Weise, wie es Thraen bezüglich des Kometen 1886 II gemacht hatte, zu untersuchen, ob nicht die Abweichung der Bahn von der Parabel-

[1]) Astr. Nachr. No. 3605.

form durch Störungen von Seiten der grossen Planeten verursacht wäre. Die Rechnung wurde nach der Encke'schen Methode ausgeführt, und zwar wurden Jupiter und Saturn als störende Planeten herangezogen. Verf. stand eben im Begriff die gewonnenen Störungswerte für die Berechnung der Bahnexzentrizitäten zu verwenden, als seine Aufmerksamkeit auf einen Umstand gelenkt wurde, welchen Thraen übersehen hat, der aber für die in Frage stehende Aufgabe eine entscheidende Rolle zu spielen schien.

Wenn wir nämlich, sagt Strömgren, die Störungen nach der Encke'schen Methode rückwärts rechnen, so erhalten wir die Koordinaten und die Geschwindigkeitskomponenten des Kometen in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonne. Wir können nun zwar für einen beliebigen Zeitpunkt aus den so ermittelten Koordinaten und Geschwindigkeiten nach den aus den Kepler'schen Gesetzen folgenden Vorschriften einen Kegelschnitt, die sogenannten oskulierenden Elemente der Epoche, berechnen, die uns z. B. als ein Hilfsmittel bei einer weiter zu führenden Störungsrechnung dienen können, aber diese Elemente geben für die von dem Kometen im Raume beschriebene Bahn niemals einen exakten Ausdruck.

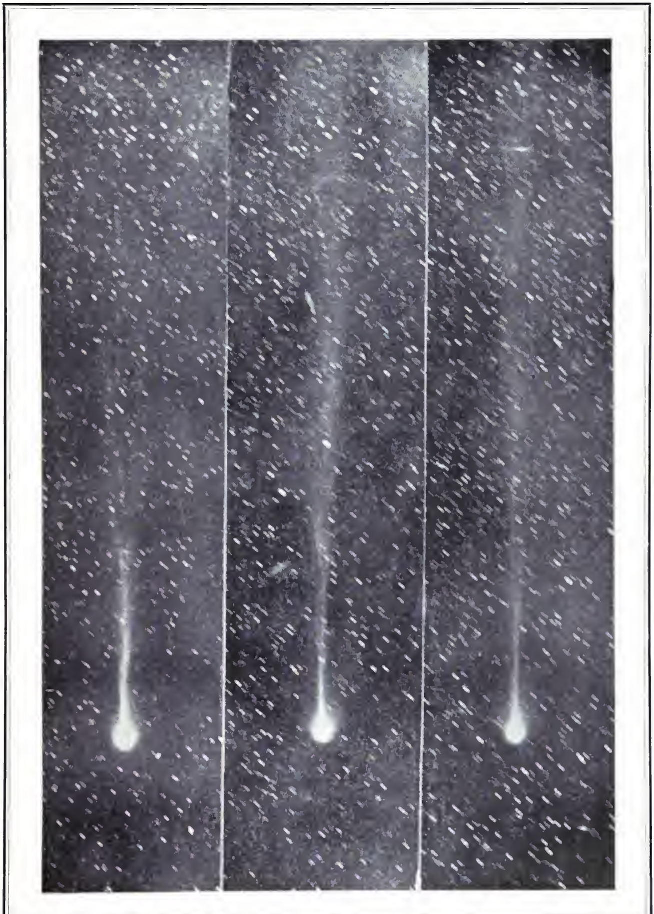
Die oskulierenden Elemente der Epoche geben nämlich diejenige Bahn um den Mittelpunkt der Sonne an, in welcher der Komet laufen würde, wenn in diesem Augenblicke die störenden Planeten vernichtet würden, wenn also der Komet nur der Attraktion der Sonne überlassen würde, und ausserdem die Sonne selbst mit ihrer in diesem Augenblicke stattfindenden, von den Störungen der grossen Planeten verursachten Geschwindigkeit fortliefe.

Von diesen Voraussetzungen kann thatsächlich aber die letztere niemals erfüllt werden, da die in der Lage der Sonne verursachten Störungen nur periodische Veränderungen erleiden aber nie gleich Null werden. Es giebt daher in der Natur keinen Bewegungszustand, welcher den »oskulierenden Elementen« genau entspricht, und auf die Frage nach der Bahn, in welcher sich der Komet ursprünglich unserer Sonne genähert hat, giebt die oskulierende Exzentrizität keine Antwort.

Dr. Strömgren zeigt nun, dass man auf zwei Wegen die Schwierigkeit beseitigen und von ihm sogenannte konvergierende Bahnelemente erhalten kann, welche die Exzentrizität der Bahn so ergeben, wie sie wirklich die ursprüngliche Beschaffenheit der Kometenbahn kennzeichnet.

Strömgren hat nach diesen Methoden die Bahn des Kometen 1890 II berechnet. Das Resultat der Rechnung ist: Der Komet 1890 II hat sich ursprünglich in einer hyperbolischen Bahn mit der Exzentrizität 1.00012 der Sonne genähert, und ist dies der erste Fall, wo die Beschaffenheit der ursprünglichen Bahn eines sogenannten nichtperiodischen Kometen dargelegt worden ist.

Aus dem oben Erwähnten geht hervor, dass die oskulierende Exzentrizität einer Kometenbahn zur Zeit des Periheldurchganges



8. Mai 1899. 9. Mai 1899. 10. Mai 1899.

$14^h\ 20^m$ bis $15^h\ 30^m$ $14^h\ 8^m$ bis $15^h\ 30^m$ $14^h\ 4^m$ bis $15^h\ 32^m$

Komet von 1899 (Swift).

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch X. 1899.
Tafel 2.

nicht benutzt werden kann, um einen exakten Ausdruck der Beschaffenheit der Bahn zu geben für die Zeit, wo der Komet sich in grosser Entfernung von der Sonne befindet.

Bei einer Kometenbahn mit einer Exzentrizität, welche zu der Oskulationsepoche etwas kleiner als die Einheit ist, d. h. bei einer sehr langgestreckten elliptischen Bahn, kann man, um einen sichern Wert der Umlaufszeit des Kometen zu bekommen, nicht ohne weiteres die oskulierende Exzentrizität verwenden. Um in dieser Beziehung zu einem Resultate zu gelangen, ist es notwendig, eine Rückwärtsrechnung der Störungen auszuführen und ausserdem für die Geschwindigkeiten der Sonne Korrektionen zu machen.

»Die Frage nach der Exzentrizität der Bahnen,« sagt schliesslich Dr. Strömgren, »ist entscheidend in Bezug auf den Platz, welcher in kosmogonischer Hinsicht den Kometen überhaupt zugewiesen werden muss, und zu diesem Zwecke sind von verschiedenen Autoren auf Grund der Verzeichnisse der bis jetzt berechneten Kometenbahnexzentrizitäten Überschläge gemacht worden. Aus der obigen Darstellung geht hervor, dass die oskulierenden Exzentrizitäten (z. B. in Galle's Kometenbahnverzeichnis) für diesen Zweck völlig unbrauchbar sind.

Es kann eigentümlich erscheinen, dass von allen frühern Verfassern die Thatsache übersehen worden ist, dass man, um aus den Kometenbahnberechnungen einige kosmogonische Schlussfolgerungen ziehen zu können, nicht nur eine Rückwärtsrechnung der Kometenstörungen ausführen muss, sondern auch nach der beschriebenen Methode die Exzentrizitäten für die Störungen der Sonne reduzieren muss.

Das Übersehen dieser Thatsache beruht wahrscheinlich darauf, dass man sich über die Grösse des Einflusses der Kometen- und Sonnenstörungen auf die Bahnelemente keine richtige Vorstellung gebildet hat. Wir wollen zunächst diese Frage etwas näher ins Auge fassen.

Schon aus der Rechnung Thraen's ist es einleuchtend, welche Bedeutung die Störungen des Kometen für die oskulierenden Elemente besitzen, und aus meiner Rechnung für den Kometen 1890 II geht hervor, dass die Reduktion für die Sonnenstörungen eine ebenso wichtige Rolle spielt.

Für die Bahnelemente der beiden in Frage stehenden Kometen ist der Effekt der Störungen von derselben Grössenordnung wie die Korrektionen, deren Ableitung der Zweck der ganzen vorhergegangenen zeitraubenden Bahnberechnung gewesen ist. Und es giebt keinen Grund, weshalb wir annehmen sollten, dass es sich nicht ebenso bei allen andern Kometenbahnen verhält.

Es stellt sich also heraus, dass die Reduktion für die Störungen nicht eine Korrektion darstellt, welche nur eine kleine Verbesserung der früher erhaltenen Werte bedeutet; im Gegenteil hat sie eine durchaus fundamentale Bedeutung, und das Resultat der ganzen

vorherigen Bahnberechnungsarbeit wird ohne diese Reduktion in kosmogonischer Hinsicht völlig nichtssagend.

Von allen denjenigen Elementensystemen, welche bis jetzt berechnet wurden, ist es nur ein sehr kleiner Bruchteil, der für kosmogonische Zwecke verwertet werden kann. Es sind nur einige Kometen aus den letzten Dezennien, welche in Bezug auf das Beobachtungsmaterial so beschaffen sind, dass die Bahnelemente die für unsern Zweck nötige Genauigkeit besitzen. In vielen Fällen sind die wahrscheinlichen Fehler der Elementenverbesserungen gar nicht berechnet worden, und bei Kometen, für welche eine solche Berechnung ausgeführt wurde, sind die wahrscheinlichen Fehler nicht selten von derselben Grössenordnung wie die abgeleiteten Elementenkorrektionen selbst.«

Sternschnuppen und Meteorite.

Das grosse Meteor vom 18. August 1898. An diesem Tage wurde $8^h\ 57^m$ mittl. Zeit von Breslau in Schlesien und andern Teilen Ostdeutschlands, sowie in Österreich ein helles Meteor gesehen, dessen Bahn Dr. Grundmann in Breslau, der es auch selbst beobachtete, berechnet hat.[1])

Dieser Rechnung konnten Angaben über den scheinbaren Lauf des Meteors an sechs verschiedenen Orten zu Grunde gelegt werden und eine siebente, nachträglich bekannt gewordene, fand sich in vortrefflicher Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Rechnung.

Es ergab sich zunächst für die Lage des Ortes auf der Erdoberfläche, über welchem senkrecht das Meteor erlosch, ein Punkt von $18^0\ 29.3'$ Länge östl. von Greenwich und $50^0\ 15.6'$ nördl. Br., d. h. ein Ort etwa 1.8 geogr. Meilen westsüdwestlich von Gleiwitz. Ferner fand sich die Höhe des Hemmungspunktes des Meteors zu 6.26 geogr. Meilen mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0.56 geogr. Meilen. Endlich fand sich als Ort der Erdoberfläche senkrecht, über welchem das Meteor in 22.3 geogr. Meilen Höhe aufleuchtete, ein Punkt von $14^0\ 51.9'$ östl. L. von Greenwich und $50^0\ 0.5'$ nördl. Br., also 4.4 geogr. Meilen östlich von Prag. »Von hier bewegte sich die Feuerkugel in schräg abwärts geneigter Bahn über Böhmen und Österreich. Schlesien hinweg bis in die oben erwähnte Gegend bei Gleiwitz in Oberschlesien, wo sie unter einem Winkel von 23^0 gegen den Horizont anlangte, und woselbst sich gleichzeitig eine Zenithattraktion von 43′ herausstellte. Der so durchlaufene Weg betrug 38.94 geogr. Meilen, und da die Dauer des Phänomens von Pastor Graetz in Reichthal mit Bestimmtheit zu 5^s angegeben wurde, eine Maximaldauer, die auch mit den übrigen Beobachtungen gut übereinstimmt, so stellt sich die Ge-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3566.

schwindigkeit des Meteors innerhalb der Atmosphäre auf 7.79, wegen der Erdanziehung verbessert auf 7.64 geogr. Meilen.

Der wahre Radiationspunkt am Himmel, aus dem das Meteor kam, liegt in 219.8° Rekt. und + 2.8° Dekl., während sich als wahre oder kosmische Geschwindigkeit der Wert von 10.94 geogr. Meilen ergiebt. Diesen letztern Daten entspricht als wahre Bahn des Meteors eine stark exzentrische Hyperbel, in welcher das Meteor seine Sonnennähe 1898 August 11.25 erreichte. Die Länge des Perihels betrug 304° 25′, des aufsteigenden Knotens 146° 47′, die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 18° 30′, die kürzeste Perihel-distanz 0.9456, die Exzentrizität 6.24, die Bewegungsrichtung war direkt.

Das Meteor überholte die Erde auf ihrer jährlichen Bahn, den Radiusvektor derselben unter einem Winkel von 109° schneidend. Die Bahn innerhalb unseres Sonnensystems wich, vermöge der enormen Geschwindigkeit dieses Himmelskörpers, die noch im Unendlichen 9.39 geogr. Meilen betrug, von einer geraden Linie nur wenig ab.

Über die Meteore des 20. bis 30. November hat Adolf Hnatek der Wiener Akademie eine Abhandlung überreicht, welcher die Beobachtungen von gegen 1000 Meteoren im Zeitraume von 60 Jahren (1837—1897) zu Grunde liegen. Es liessen sich 26 Radiationspunkte ableiten, darunter 13, deren Positionen sich mit verhältnismässig hoher Genauigkeit ergaben. Dabei zeigten sich einige interessante Relationen. Trägt man alle Radianten in eine Karte ein, so bemerkt man sofort, dass mehr als ein Drittel derselben in einem Kleinkreise enthalten ist, der mit einem Radius von ungefähr 25° um den Bielidenradianten als Pol beschrieben wird. Dies scheint darauf hinzuweisen, dass diese Radiationen ihre Thätigkeit Teilen des Hauptstromes verdanken, die gelegentlich durch die Anziehungskraft der Erde in andere Bahnen geworfen worden waren. Während weiter die Thätigkeit des Bielidenstromes im Jahre 1872 nur einen Tag (27. November) umfasste, erstreckte sich dieselbe im Jahre 1885 auf fünf und im Jahre 1897 sogar auf acht Tage. Die Auflösung des Stromes scheint daher seit 1872 einen raschen Fortschritt gemacht zu haben. Was die 13 Radiationen betrifft, welche sich mit grösserer Genauigkeit ergeben haben, so wurden deren Positionen nach einem eigenen Verfahren von dem Einflusse der Zenithattraktion befreit und hierauf die Bahnelemente der zugehörigen Meteorströme gerechnet und dieselben mit den Elementen aller bis 1898 erschienenen Kometen verglichen. Eine Zusammengehörigkeit hat sich jedoch in keinem Falle konstatieren lassen.

Mittlere Höhe einiger Meteore des Perseïdenschwarmes. Während der Erscheinung der Perseïden in den Nächten des 10. und 11. August 1898 sind mehrere Meteore an verschiedenen Orten

gleichzeitig beobachtet worden. Aus zehn korrespondierenden Beobachtungen hat W. F. Denning folgende mittlern Werte abgeleitet:

Höhe der Meteore beim Aufleuchten	. . .	129.4 *km*
„ „ „ „ Verschwinden	. . .	89.8 „
Beobachtete Bahnlänge	. . . .	60.3 „

Radiationspunkt: Rekt. 48.1°, Dekl. + 48.5°.[1])

Die Beobachtung des Leonidenschwarmes 1898, welche Prof. Weiss auf dem Semmering organisierte, ergab[2]) als wahrscheinliches Resultat, dass die Erde die Vorläufer des Leonidenstromes bereits in der Nacht vom 13. auf den 14. November erreichte, und dass sie den dichtesten Schwarm desselben während der Tagesstunden des 15. November durchschnitt Ist diese Ansicht richtig, dann wäre in Indien und Ostasien das Phänomen in seinem Hauptglanze erblickt worden. Jedenfalls aber dauerte 1898 der Durchgang der Erde durch einen dichten, an relativ grossen Körperchen reichen Teil des Stromes mehr als 24 Stunden; es scheint daher der Querschnitt desselben seit seiner letzten Erscheinung in 1866 sich sehr vergrössert zu haben.

Die Sternschnuppen des November 1899. Die beiden Sternschnuppenfälle der Leoniden, welche um den 15. und 16. und der Andromeden (Bieliden), welche um den 23. November 1899 zu erwarten waren, und von denen besonders der erstere als aussergewöhnlich reichhaltig betrachtet werden durfte, haben die Erwartungen der Astronomen durchaus getäuscht. Zur möglichst genauen Aufnahme der Meteorbahnen waren dieses Mal auch photographische Apparate konstruiert worden, und zwar sowohl seitens des Harvard-Observatoriums in Nordamerika, als seitens des Wiener Observatoriums, sowie durch Dr. Karl Kostersitz in Wien. Der Erfolg ist, soweit dies bis jetzt überblickt werden kann, nur ein geringer gewesen. Über die Ursachen des sehr verminderten Auftretens besonders der Leoniden ist zur Zeit noch nichts Entscheidendes zu sagen; man wird wohl die Erscheinung im November 1900 abwarten müssen.

Inzwischen bemerkt Prof. Deichmüller,[3]) »dass möglicherweise die Hauptmenge der Leoniden gegenwärtig auf ein sehr kurzes Bahnstück zusammengedrängt ist, welches die Erde im November 1866 passiert hat, und das am 27. Januar 1900 die Erdbahn wieder kreuzen wird.«

Meteorradianten im grossen Bären. W. F. Denning macht[4]) darauf aufmerksam, dass das Sternbild des grossen Bären und dessen nächste Umgebung eine Anzahl von Radiationspunkten zeigt, die im

[1]) Ciel et Terre **20**. p. 119, 1899.
[2]) Astron. Nachr. No. 3538.
[3]) Astron. Nachr., No. 3608.
[4]) Observatory 1899 No. 276. p. 90.

Herbste, Winter und Frühjahre zahlreiche Meteore entsenden. Der hervorragendste Radiant ist in α 154°, $\delta + 40°$ und sehr thätig im November, wobei er nicht selten helle Meteore mit Schweifen liefert, ähnlich den Leoniden. Ein anderer Radiant liegt in α 134°, $\delta + 68°$ nahe bei σ Ursae und ist vorzugsweise im September thätig, liefert aber auch im Winter und bis zum April hin Meteore.

Der Meteorit von Meuselbach in Thüringen. Am 19. Mai 1897 abends $^3/_4$8 Uhr fiel zu Meuselbach im Thüringer Walde unweit Amt Gehren aus NNO unter einem Neigungswinkel von etwa 40° mit einem, dem Summen von Telegraphendrähten ähnlichen Geräusch ein Meteorit von etwa 870 *g* Gewicht, der im fürstlichen Naturalienkabinet zu Rudolstadt aufbewahrt wird. Nach den Untersuchungen gehört dieser Meteorstein mit matter pechartiger, bräunlichschwarzer, etwa 0.3 *mm* starker Rinde von parallelepipedischer Form zu der Unterabteilung der Chondrite. Er zeigt ein krystallinisches, feinkörniges Gefüge, ist hellgrau und hat eine porphyrartige Struktur durch das Auftreten zahlreicher kleiner, kugelförmiger Chondren. In Übereinstimmung mit der chemischen Analyse zeigt er sich unter dem Mikroskop als bestehend aus Chromeisenerz, Olivin, Bronzit, Nickeleisen, Troilit (FeS), einem nicht näher bestimmbaren, farblosen bis schwach gelblichen, regulären Minerale und farblosem, stellenweise durch Chromit und Olivin dunkel gefärbtem Glase. Die Chondren erscheinen als die letzten Krystallausscheidungen, teils skelettartig, teils konkretionär, sind bald exzentrisch-radialfaserig, bald körnig und bestehen aus Olivin und Bronzit, untermischt mit farblosem Glase. Nachträgliche, sekundäre Veränderungen des Ganzen sind mechanische Deformationen der Bestandteile und eine starke Auflockerung durch vielfache Sprünge.[1])

Feuerkugel- und Meteoritenfall im russischen Ostseegebiete. Am 12. März $9^h\ 47^m$ abends sah ein Beobachter in Riga eine Sternschnuppe von mässiger Helligkeit aus der Cassiopeja kommen, die sich gegen NNO zum Horizont hin bewegte und anfangs langsam, dann sehr rasch an Glanz zunahm. Nach wenigen Sekunden bot sie die Erscheinung einer prachtvollen Feuerkugel dar, welche den ganzen Himmel mit bläulichem Lichte so intensiv beleuchtete, dass die Gegenstände im Freien einen tiefen Schatten warfen, so dass, wie aus den inzwischen eingegangenen Mitteilungen hervorgeht, zahlreiche in ihren Wohnungen befindliche Personen auf die Naturerscheinung aufmerksam wurden. Dieselbe Feuerkugel ist in Kur-, Liv-, Est- und Finnland beobachtet worden und schliesslich bei Borgo nicht weit vom Ufer ins Meer gestürzt. Die Masse wäre für die Wissenschaft verloren, wenn nicht ganz ungewöhnliche, günstige Umstände obgewaltet hätten. Das Meer war nämlich zugefroren; der nieder-

[1]) Naturwissenschaftl. Rundschau **14.** p. 372.

fallende Block hat in der Eisdecke ein Loch von 9 *m* Durchmesser erzeugt, welches in sehr wirksamer Weise die Untersuchungen geleitet hat. Man erkannte die Anwesenheit eines in den Schlamm tief eingesunkenen Meteoriten, und obwohl man ihn noch nicht hat auffischen können, konnte man eine Vorstellung von seinem Volumen und seinem Gewicht gewinnen, das etwa 1000 *kg* betragen mag. Den neuesten Nachrichten zufolge soll der Meteorit gehoben sein.

Der Meteorit von Ergeo bei Brava auf der Somalihalbinsel. Dieser Meteorit, welcher im Juli 1889 niedergefallen, ist von E. Artini und G. Melzi untersucht worden.[1]) Derselbe zeigte sich als Steinmeteorit, war fast vollständig, hatte ungefähr die Gestalt eines Pyramidenkegels mit trapezoider Grundfläche und ein Gewicht von 20.375 *kg*; das Fehlende mochte etwa 300 *g* ausmachen; sein spezifisches Gewicht war bei 18° = 3.31. Infolge des fünfjährigen Aufenthaltes in der Erde, einem sandigen Aluviumterrain, war der Meteorstein zum Teil mit einer verschieden dicken Inkrustationsrinde bedeckt, die aus den Elementen des Bodens bestand; stellenweise hingegen war die ursprüngliche Schmelzrinde des Meteorsteines zu sehen, die das gewöhnliche Aussehen einer dünnen, schwarzen Glasur mit kleinen Rauhigkeiten darbot. Auch unter der Kruste war die Schmelzrinde an manchen Stellen unversehrt erhalten, an andern jedoch war sie umgewandelt. Wo die Schmelzrinde unverändert geblieben, war das Aussehen des Meteoriten das von den Meteorsteinen bekannte typische. Auf dem frischen Bruche zeigte sich die kompakte, harte Gesteinsmasse von sehr dunkler, graugrüner Farbe; sie ist krystallinisch, zuweilen glänzend und lässt kleine, spiegelnde Spaltfacetten erkennen. Schon die oberflächliche Betrachtung zeigte, dass metallisches Nickeleisen sehr selten und ungleichmässig zerstreut ist. Ebenso klein und ungleichmässig zerstreut, aber etwas zahlreicher, sind die Schwefeleisenkörnchen, die sich durch Metallglanz und bronzegelbe Farbe auszeichnen. Die sehr dunkle, gleichmässige Farbe des Innern und seine Zähigkeit erschwerten den Nachweis der Chondren und ihre Isolierung; man konnte jedoch reichlich kleine, unregelmässige Höhlungen beobachten, welche mit unvollkommenen Olivinkryställchen ausgekleidet waren. Vollständig fehlten Adern von der Natur der äussern Schmelzkruste, die bei einigen Gruppen von Chondriten so häufig und mikroskopisch erkennbar sind; ebenso fehlte jedes Anzeichen einer breccien- oder tuffartigen Struktur, wobei aber zu bemerken ist, dass die starke Färbung der Grundmasse jedenfalls ihre Erkennung sehr erschweren musste.

Sehr auffallend war die Farbe, welche sich von derjenigen der meisten Chondriten unterscheidet, und nach Cohen der Farbe des grünen Meteoriten von Homestead ähnlich ist, der sich aber durch seine Struktur von dem vorliegenden wesentlich unterscheidet. Durch

[1]) Rendiconti Reale Istituto Lombardo [2] 31. p. 983. 1898.

diese Farbe, durch die gleichmässige, ausgesprochen krystallinische Struktur, durch den stärkern Zusammenhalt seiner Elemente, durch die Seltenheit der Chondren, die so fest mit der Grundmasse zusammengeschweisst sind, dass sie mit ihr zerbrechen, durch das Fehlen der schwarzen Adern und der plastischen Struktur hat dieser Meteorstein ein ganz verschiedenes Aussehen von dem der gewöhnlichen Chondriten, und schon die mikroskopische Untersuchung lässt den Meteoriten der Gruppe der krystallinischen Chondriten Brezinas zuzählen.

Die mikroskopische Untersuchung hat diesen Schluss vollkommen bestätigt. Unter den Bestandteilen herrschen Olivin und Pyroxen vor, in geringen Mengen schliessen sich an: Troilit (Schwefeleisen), metallisches Nickeleisen, Magnetit, Glas und Maskelynit. Sie setzen sowohl die Grundmasse als auch die Chondren zusammen, wie dies die ausführliche Beschreibung der mikroskopischen Befunde lehrt.[1])

Platin und Iridium in einem Meteoreisen. John M. Davison hat beim Coahuila- und Toluca-Eisen Untersuchungen auf Platin angestellt. Die Lösung mit Salzsäure liess ein schwarzes Sediment zurück, welches bei jeder Analyse Platin ergeben hat, und zwar wurde aus 608.6 *g* des Coahuila-Eisens 0.014 *g* Platin metallisch erhalten und 0.0015 *g* eines in Königswasser unlöslichen, schwarzen Pulvers, das, mit Zink geschmolzen, sich in dieser Säure löste und mit Salmiak einen dunkelroten, krystallinischen Niederschlag gab, der wahrscheinlich Ammonium-Iridiumchlorid war. Aus 464 *g* Toluca-Eisen wurden einige Krystalle von Kaliumplatinchlorid erhalten, die eine rötliche Farbe besassen und wahrscheinlich Iridium enthielten. Mikroskopische Diamanten sind in diesen Meteormassen nicht gefunden worden.[2])

Vanadium in Aërolithen. Dieses Metall kommt auf der Erde nur in sehr geringen Mengen vor, allein nach den neuern Untersuchungen von Dieulafait, Becchi und vor allen Hillebrand's findet es sich in einer grossen Anzahl der verschiedensten Mineralien vor.[3]) Sonach ist es in Wirklichkeit ein ausserordentlich weit über die Erde verbreitetes chemisches Element, das aber überall nur in sehr geringen Quantitäten auftritt. Eine genaue Untersuchung des Vanadiumspektrums im elektrischen Bogen, welche B. Hasselberg ausgeführt hat, ergiebt, dass unter mehrern hundert Linien desselben eine grosse Anzahl mit Absorptionslinien des allgemeinen Sonnenspektrums korrespondieren. Dabei ist auffallend, dass nur die stärksten Linien des Vanadiumspektrums im Sonnenspektrum gefunden werden, und zwar als schwache Absorptionslinien, während die schwachen Linien

1) Naturwissenschaftl. Rundschau 14. No. 3. p. 33.
2) American Journal of Science [4] 7. p. 4. 1899.
3) American Journal of Science [4] 6. 1898.

des Vanadiums ganz im Sonnenspektrum fehlen. Dies deutet nach Hasselberg darauf, dass die in der umkehrenden Schicht der Sonnenatmosphäre vorhandene Menge von Vanadiumdampf entweder unbeträchtlich oder hauptsächlich auf die heissesten Regionen beschränkt ist. Der Kontrast zwischen der allgemeinen Oberfläche der Sonne und den Flecken derselben ist in der erwähnten Hinsicht sehr gross, denn in dem Spektrum der Sonnenflecken treten die Vanadiumlinien nach Young sehr stark hervor.

Den direkten Nachweis von Vanadium in den Atmosphären der Fixsterne kann man zur Zeit spektroskopisch nicht liefern wegen der Lichtschwäche der Sternspektra, aber ausser den Sternen giebt es noch eine Klasse von kosmischen Körpern, deren chemische Untersuchung von nicht geringerer Wichtigkeit ist, nämlich die Meteorite. Es ist einigermassen überraschend, dass die spektroskopische Untersuchung bis jetzt auf diese Weltkörper noch wenig angewendet worden ist, denn ausser den Untersuchungen Lockyer's über die Spektra der Eisenmeteorite von Nejed und Obernkirchen und denjenigen von Hartley und Ramage über gewisse Meteorite, sind keine wichtigen Arbeiten nach dieser Richtung hin bekannt. Hasselberg hat daher eine grössere Arbeit ausgeführt, welche photographische Aufnahmen der Spektra einer Anzahl Meteorite im elektrischen Flammenbogen zeigen,[1]) nachdem ihm Prof. Nordenskjöld das Meteoritenmaterial dazu aus der Sammlung des Königl. Museums zur Verfügung gestellt hatte.

Hasselberg beschränkt sich in seiner Mitteilung zunächst auf das Ergebnis einer Durchsicht der Spektra in Bezug auf das Vorkommen von Vanadiumlinien. Es wurde zu diesem Behufe die Hauptgruppe des Vanadiumspektrums und der benachbarten Linien zugleich mit dem nämlichen Teile des Spektrums, welches der untersuchte Meteorit gab, photographiert. Auf diese Weise liess sich leicht entscheiden, ob Vanadium in den untersuchten Meteoriten vorhanden war oder nicht. Im ganzen wurden 30 verschiedene Meteoriten nach dem Aussehen ihrer Spektra untersucht und die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt. Es fand sich, dass die in den Meteoriten vorhandene Quantität an Vanadium nur gering sein kann, denn die Intensität der Spektrallinien ist stets nur schwach, sehr im Gegensatze zu dem Glanze derselben im Spektrum des Metalles. Anderseits ist der Gehalt an Vanadium bei den verschiedenen Meteoriten sehr ungleich; so sind diejenigen von New-Concord, Lundsgarden, Knyahinya und Soko-Banja sichtlich reicher an Vanadium als die Meteoriten von Ställdalen, Hessle, Cléguerec und andere. Eine andere Thatsache von grosser Wichtigkeit, welche sogleich in die Augen springt, ist die, dass die Meteorsteine stets mehr oder weniger Vanadium enthalten, dass aber dieses in den Meteoreisen völlig fehlt. Nur das sogenannte Meteoreisen von Grön-

[1]) Astrophysical Journal 9. No. 3. p. 143. 1899.

land macht eine Ausnahme, aber gerade bei diesem ist der meteoritische Ursprung sehr zweifelhaft. Die sogenannten Mesosiderite, welche mineralogisch eine Mittelstellung zwischen den meteoritischen Stein- und Eisenmassen einnehmen, zeigen diese auch in Bezug auf den Vanadiumgehalt, denn bei einigen ist er in geringem Grade vorhanden, bei anderen fehlt er völlig. Dieses Verhalten der beiden Klassen der Meteoriten lässt es in nicht geringem Grade als wahrscheinlich erscheinen, dass auch ihr kosmischer Ursprung ein verschiedener ist.

Früher hatte Lockyer aus seinen spektroskopischen Untersuchungen der beiden Meteoreisen von Nejed und Obernkirchen geschlossen, dass sie Vanadium enthielten. Die genaue Untersuchung von Hasselberg widerspricht dem vollständig, und so zeigt sich auch in diesem Falle wieder die schon oft erwiesene Unzuverlässigkeit der Behauptungen von Lockyer. Als Hasselberg den Teil des Vanadiumspektrums, welcher nach Lockyer mit dem Spektrum des Meteoreisens von Nejed übereinstimmen sollte, zusammen mit diesem auf derselben Platte photographierte, fand sich nicht die geringste Spur der von Lockyer beobachteten Linien. Nur die Linie von der Wellenlänge $\lambda = 4118.34$ trifft verlängert auf eine Linie im Spektrum des Nejed-Meteoreisens, allein diese Linie gehört dem Kohlenstoff an.

Eine neue Klasse von Meteoriten. Seit Ende des vorigen Jahrhunderts sind aus dem südlichen Böhmen, besonders aus der Umgebung von Budweis und dem obern Moldaugebiete glasartige, durchscheinende Massen, von im auffallenden Lichte glänzend schwarzer, im durchgehenden grünlicher Farbe bekannt, die den Namen Moldavite oder Bouteillensteine erhalten haben. Sie kommen auch in der Gegend zwischen Trebitsch und Mährisch-Kromau vor und ebenso bei Iglau in Mähren. Der Ursprung dieser Schlackenmassen ist stets streitig gewesen, die meisten Ansichten vereinigten sich zuletzt dahin, dass es zufällige Nebenprodukte alter Glashütten seien, denn dass es sich dabei nicht um vulkanische Produkte handeln kann, ist nach dem ganzen Vorkommen derselben ausser Zweifel. Prof. J. Makowsky in Brünn hat die Idee, dass es sich um alte Glasschlacken handle, am nachdrücklichsten verfochten; dagegen haben indessen Prof. A. Habermann und A. Wenzliczke die ausserordentlich schwere Schmelzbarkeit der Moldavite gegenüber allen künstlichen Gläsern hervorgehoben, und ebenso unterscheidet sie von diesen ihr höherer Gehalt an Aluminium und ihr geringer Calciumgehalt.

Im Sommer 1898 wurde bei der geologischen Aufnahme der Gegend zwischen Trebitsch nnd Mährisch-Kromau die Aufmerksamkeit von Dr. Franz E. Suess auf diese rätselhaften Glasmassen gelenkt. Derselbe hat deren Vorkommen und Beschaffenheit eingehend untersucht und auf Grund dieser Untersuchungen in der Sitzung der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien am 17. November vorigen Jahres seine Ansicht dahin ausgesprochen, dass es sich bei diesen Glasmassen um Körper handelt, die aus dem Weltraume auf die Erde gekommen sind. Folgendes ist der wichtigste Inhalt der Abhandlung von Dr. Suess.[1])

---

[1]) Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt 1898. No. 16. p. 387 u. ff.

Die Stücke liegen in der Umgebung von Trebitsch in der Nähe der Ortschaften Slawitz, Mohelno, Daleschitz, Skrey und Dukowan, im Feldboden der plateauartigen hügeligen Hochfläche verstreut. Sie finden sich stets vergesellschaftet mit einem Quarzschotter von diluvialem oder spättertiärem Alter, wenn sich auch nicht mit Sicherheit behaupten lässt, dass sie diesem Schotter selbst angehören. In den wohl aufgeschlossenen Schottergruben habe ich sie vergeblich gesucht, was sich übrigens sehr gut durch die relative Seltenheit der Stücke erklären lässt; nur die Landleute, welche tagaus tagein auf den Äckern beschäftigt sind, haben Aussicht, eine grössere Menge davon zu sammeln. Ein absichtliches Suchen, wenn auch durch mehrere Stunden fortgesetzt, wird meistens erfolglos bleiben. Die Mehrzahl der Stückchen hat die Grösse einer Walnuss oder Haselnuss, und nur ausnahmsweise gehen sie in der Grösse über die eines Hühnereies hinaus. Keinesfalls können sie als diluviale Geschiebe oder Gerölle aufgefasst werden; denn die eigentümliche, runzelige Oberfläche, über die weiter unten eingehend die Rede sein wird, zeigt nur in seltenen Fällen Spuren von Abrollung oder Abschleifung. In den 50—100 *m* unter den Schottern liegenden Thalböden der Iglawa und Oslawa werden sie nicht gefunden.

Ein ganz ähnliches Vorkommen ist das in Südböhmen, auch von dort kennt man keine grössern Stücke. Man findet sie daselbst ebenfalls im Feldboden mit Geröllen und Quarz, Hornstein u. a. verstreut; Woldrich fand einige Stücke bei Radomilic in einer Geröllschicht im Hangenden eines gelben Sandes der obern Braunkohlenformation und unter einer 50 *cm* mächtigen Decke von unten lehmiger, oben humöser Ackererde. Nach Hanamann finden sich Moldavite auch in den nordböhmischen, altdiluvialen Pyropensanden.

Die Herkunft dieser Gläser musste lange rätselhaft erscheinen, zumal man nicht nur das Glas niemals anstehend gefunden hat, sondern auch weit und breit keine jüngern vulkanischen Bildungen vorhanden sind, und selbst die entfernten Basalt- und Phonolitberge Nordböhmens gewiss nicht im stande waren, so saure Gläser zu liefern; abgesehen davon, dass die Moldavite, wie die Oberflächenbeschaffenheit der meisten Stücke schliessen lässt, nicht auf so grosse Entfernung durch Wasser transportiert worden sein konnten.

Helmhacker vermeinte zwar, im zersetzten Serpentin südlich von Krems bei Budweis den Moldavit eingeschlossen gefunden und somit sein Muttergestein entdeckt zu haben. Diese Angabe hat sich aber nach Schrauf, der bald nach Helmhacker's Besuch die Zersetzungsprodukte der Serpentine an eben demselben Orte studiert hatte, nicht bestätigt. Auch v. Cammerlander erwähnt bei der genauen Beschreibung der Serpentine von Krems gar nichts von einem eingeschlossenen Moldavit. Ausserdem passt auch die Beschreibung, welche Helmhacker von dem Minerale gegeben hat, durchaus nicht auf den Moldavit. Er schildert es als eckig zerbrochen und erwähnt, dass es unter dem Lötrohre mit Aufblähen zu einer blasigen Schlacke schmilzt; während sich nach der übereinstimmenden Angabe zahlreicher Forscher die Moldavite gerade dadurch am besten von den meisten natürlichen Obsidianen unterscheiden, dass sie vollkommen wasserfrei sind und beim Schmelzen ein klares Glas geben. Das Vorkommen des Moldavites im Serpentin wäre überdies noch ein bedeutendes petrographisches Rätsel. Eine ältere Angabe von Glocker, nach welcher ein Moldavit (Pseudochrysolith) bei Jaschkenau unweit Jordansmühle in Niederschlesien in einem Gneisgeschiebe eingeschlossen gefunden worden sein soll, hat ebenfalls keine weitere Bestätigung gefunden und muss als ebenso fraglich bezeichnet werden, wie die Angabe von Helmhacker.

Unter dem Mikroskope unterscheiden sich die Moldavite von den Obsidianen durch das Fehlen der zahlreichen grössern, haar- und nadelförmigen Mikrolithe, welche für die meisten natürlichen Gläser so charakteristisch sind.

Am sichersten wird die Theorie von dem künstlichen Ursprunge der Moldavite widerlegt durch die aussereuropäischen Funde ganz gleichartiger Glaskörper. Sie sind über ein sehr ausgedehntes Gebiet verteilt, welches sich über ganz Australien und über einen Teil von Niederländisch-Indien erstreckt. Besonders in Australien scheinen sie eine räumlich grosse Verbreitung zu besitzen, obwohl sie erst von wenigen Punkten beschrieben worden sind. Zuerst hat Ch. Darwin (Vulcanic Islands) im Jahre 1844 eine eigentümliche »Obsidianbombe« von flaschengrüner Farbe aus der Gegend zwischen den Flüssen Murray und Darling beschrieben und abgebildet und dazu bemerkt, dass sie sich einige hundert Meilen entfernt von irgend einer vulkanischen Region befinden. Aus Gold- und Zinnminen von Turon-River und vom Rocky-River in Neu-Südwales beschrieb sie W. B. Clarke 1855; sie finden sich dort zusammen mit Geröllen verschiedener Schiefergesteine, Granit, Quarz u. a. einige 30 Fuss unter der Oberfläche. Da man keine andern Eruptivgesteine in der Nähe kennt, hat man sie mit den unweit davon anstehenden Basaltvorkommnissen in Zusammenhang gebracht, »obwohl es sehr unwahrscheinlich wäre, dass die Basalteruptionen so saure Gläser geliefert hätten.« Eine Reihe »eigentümlicher Obsidianbomben« aus Australien hat A. Stelzner im Jahre 1893 beschrieben; sie waren ihm von V. Streich übersendet worden und stammten von drei verschiedenen Fundorten: vom Kangaroo-Island SW von Adelaide, aus dem Gebiete der Macdonnel-Range in Centralaustralien, und eine Bombe aus der grossen Victoria-Wüste in Westaustralien, zwischen Everard-Range und Fraser-Range. In neuerer Zeit (1895) erwähnt in einem Sammlungsberichte J. C. Moulden zwei Stücke von Obsidianbomben von Stuarts-Creek, Lake Eyre. Ihre Herkunft wird als gänzlich unbekannt angegeben, und nach der Beschreibung stimmen ihre physikalischen Eigenschaften nahe überein mit denen der Moldavite.

Auch aus Niederländisch-Indien sind ganz ähnliche »Obsidiankugeln« seit längerer Zeit bekannt, und insbesondere diejenigen von der Zinninsel Billiton bei Java wurden mehrmals beschrieben, und zwar im Jahre 1879 von v. Dyk, 1880 von de Groot u. a., und 1897 veröffentlichte v. Verbeek eine sehr eingehende Studie über diese »Glaskogels«. Sie werden in den Zinnwäschen der Insel Billiton an 14 Fundpunkten gefunden, und zwar im sogenannten Koelitterrain; es ist das die zinnführende Verwitterungskruste der Gesteine (hauptsächlich Granit). Stellenweise ist diese Kruste überdeckt von Sanden und Schottern diluvialen oder spättertiären Alters, welche ebenfalls Zinnerz führen und ebenfalls abgebaut werden; auch in dem Koelitterrain unter diesen Sanden kommen die »Glaskogels« vor.

Von weitern Fundorten befinden sich nach Verbeek einzelne Stücke in den Museen von Amsterdam und Leiden, und zwar zwei Stücke vom Vulkane Moeriah auf Java (eines davon wird als lichtgelb und erfüllt mit Glasblasen bezeichnet; dieses Stück mag aber, wie mir scheint, möglicherweise ein Kunstprodukt sein); es wird als sehr unwahrscheinlich hervorgehoben, dass der Leucitvulkan Moeriah so saure Glasbomben gegeben hätte. Im Museum von Leiden befinden sich nach Verbeek zwei weitere Bomben aus den Goldwäschen und Diamantgruben des Distriktes Tanah Lau im südöstlichen Borneo; die Fundplätze sind ca. 500 *km* von den nächstgelegenen Javavulkanen entfernt. Ganz ähnliche »Obsidianbomben« beschrieb Wichmann mit einer Sammlung von Gesteinen aus dem südlichen Teile der Insel Timor; es wird angenommen, dass auch diese aus einem diluvialen Konglomerate stammen.

Vor wenigen Tagen (Anfang Dezember) ist mir noch ein Aufsatz über die Glaskugeln von Billiton zugekommen von Herrn Dr. P. Krause; hier wird als weiterer Fundpunkt die Insel Bunguran im Natuna-Archipel angegeben; der nächstgelegene erloschene Vulkan auf Borneo (Melabu) ist über 300 *km* von dieser Insel entfernt.

Aus dem niederländisch-indischen Gebiete dürfte auch eine Obsidianbombe »aus Indien« stammen, über welche Dufrénoy im Jahre 1844 in

der Akademie berichtet hat. Damour hatte versucht, die Bombe zu zerschneiden, um ihre innere Beschaffenheit zu untersuchen; als der Schnitt bis in die Hälfte geführt worden war, zerplatzte die Bombe mit einer schussähnlichen Detonation; wahrscheinlich infolge ungleichmässiger Spannungsverhältnisse. Der nähere Fundort war unbekannt; die Beschreibung und die chemische Analyse stimmen aber sehr gut auf die Billitonkugeln.

Der Erste, der die australischen Vorkommnisse mit den Moldaviten von Böhmen verglichen hat, war Stelzner; er betonte die ausserordentliche Ähnlichkeit der Oberflächenskulptur mancher Moldavite mit denen der australischen Bomben. Doch sollten sie, nach seiner Ansicht, verschiedene Ursache haben; bei den australischen Bomben werden sie einer atmosphärischen Korrosion, hervorgerufen durch den Flug des vulkanischen Auswürflings durch die Luft, zugeschrieben; bei den Moldaviten aber, die zum grossen Teile nur Bruchstücke grösserer Glasmassen sind, sollen sie durch den mechanischen Transport durch Wasser entstanden sein. Später hat Verbeek die Glaskugeln von Billiton mit den Moldaviten verglichen und die Deutung der Skulptur nach Stelzner von diesen auch auf jene ausgedehnt.

Wenn diese Anschauung richtig wäre, so müsste man auch bei irgendwelchen andern Geröllen ähnliche Gruben und Eindrücke entdecken können, wie an den Moldaviten; darnach wird man sich aber vergebens bemühen. Nur die Lösungsgruben an manchen Kalkgeröllen mögen eine ganz entfernte Ähnlichkeit mit manchen Gruben auf den Moldaviten zeigen; aber wie aus der weitern Beschreibung hervorgehen wird, lassen sich die extremern Erscheinungen, die engen Rinnen und vor allem die so häufigen, sternförmig angeordneten Gruben durchaus nicht auf die angegebene Weise erklären.

Die einzige bekannte Erscheinung, mit welcher sich die Oberflächengruben der Moldavite vergleichen lassen, sind gewisse Ätzungserscheinungen, welche ebenfalls Gruben und rinnenförmige Vertiefungen und Aushöhlungen am geätzten Materiale hervorrufen. Unter freundlicher Mithilfe C. F. Eichleiter's habe ich einige diesbezügliche Versuche angestellt. Die Ätzungen mit Flusssäure liessen zunächst die feinen erhabenen Linien, welche auf eine Fluidalstruktur der Masse hinweisen, deutlich hervortreten. Dazwischen befanden sich kleine, rundliche, vertiefte Näpfchen. Eine kleine Zahl von Stücken wurde im Sefström'schen Ofen geschmolzen und dabei neuerdings die bereits von Habermann erwiesene schwere Schmelzbarkeit des Moldavites dargethan. Während ein Stück grünes Flaschenglas in derselben Zeit völlig geschmolzen war, waren die Moldavite nur zähflüssig geworden, so dass man nach der Erkaltung noch an den tiefen Rinnen die Umgrenzung der geschmolzenen Brocken erkennen konnte, welche nicht völlig ineinander übergeflossen waren. Nachdem der geschmolzene Kern von Moldavit aus dem Platintiegel gelöst worden war, wurde er durch zehn Tage der Einwirkung eines Gemenges von verdünnter Schwefelsäure und Flusssäure ausgesetzt. Es zeigte sich, dass die Bruchflächen viel weniger angegriffen waren, als die Erstarrungsoberfläche; die Fläche, ursprünglich ganz glatt, war mit kleinen Grübchen bedeckt und von längern, sich verzweigenden und durchkreuzenden Furchen durchzogen. Ohne Zweifel war der Angriff der Säure feinen Rissen gefolgt, welche bei der Erstarrung der Oberfläche entstanden waren. Die Furchen sind glatt und im Querschnitte rundlich und haben wohl eine gewisse Ähnlichkeit mit den schwächern Rinnen auf der natürlichen Oberfläche der Moldavite, nur sind letztere niemals so gleichmässig lang und zeigen eine ganz verschiedene Anordnung.

Aber auch damit kann man es hier unmöglich zu thun haben; denn zunächst kennen wir kein Agens, keine so starke Säure, welche diese Gläser hier in so hohem Grade angegriffen haben sollte; wollte man auch zugeben, dass der Dünger und die Verwesungsprozesse auf den Äckern in Böhmen und Mähren Gelegenheit zur Entwickelung stark ätzender ammoniakalischer Verbindungen geben würde, so könnte das nicht mehr gelten für die in

ganz andern Lagerungsverhältnissen vorkommenden Gläser von Billiton und aus den australischen Wüsten, welche ganz ähnliche Oberflächenskulpturen aufweisen. Die begleitenden Quarz- und Urgebirgsgerölle von denselben Fundstellen zeigen gar keine Spur irgendwelcher Ätzungserscheinungen, sondern haben die gewöhnliche glatte, gerollte Oberfläche. Wo in andern Gebieten auf Geröllen Ätzungserscheinungen vorkommen, entstehen wohl flache Gruben und Näpfe, aber durchaus keine tiefen Rinnen und Kanäle, sie sind ganz verschieden von den Skulpturen der Moldavite. Eine Durchsicht der prähistorischen Sammlung des k. k. naturwissenschaftlichen Hofmuseums zeigt, dass die neolithischen Glasperlen wohl eine oberflächliche Zersetzung in Form von Ablösung einer opalisierenden Schicht oder von Ausspringen kleiner entglaster Schälchen zeigen, nirgends sieht man aber sonstige tiefe Gruben oder Kanäle. Die paläolithischen Artefakte von Obsidian aus Ungarn oder aus Nordamerika zeigen keine Spur von Zersetzung, und die Schlagflächen sind vollkommen frisch.

In einem Aufsatze über die »neolithischen Ansiedelungen mit bemalter Keramik aus Mähren und Niederösterreich« erwähnt J. Palliardi aus einer Station nordöstlich von Oslawan in der Liste verschiedener Artefakte auch, »einige Späne und ein Nukleus von Obsidian, ein kleines Geschiebe und ein Nukleus von dem in der Umgebung auf natürlichen Lagerstätten vorkommenden Moldavit.« Oslawan ist ca. drei Wegstunden östlich von den zunächst gelegenen Moldavitäckern bei Dukowan entfernt. Auch von dem noch näher gelegenen Neudorf a. d. Oslawa werden »Späne von Obsidian« erwähnt. Solche Funde beweisen nicht nur, dass die Moldavite älter als die neolithische Periode sind, sondern sie machen es nach dem Vergleiche mit den künstlichen Gläsern auch wahrscheinlich, dass ihre Skulptur nicht durch Ätzung hervorgerufen ist, da sie wohl auch auf den neolithischen Artefakten sich auszubilden Zeit genug gehabt hätte. Um diesem Argumente aber die vollkommene Beweiskraft zu verleihen, wäre es allerdings sehr erwünscht, wenn die angegebenen Funde bei weitern Aufsammlungen eine Bestätigung erhalten würden.

Am sichersten wird aber die Anschauung, dass man es hier mit einer Ätzung zu thun haben könnte, durch diejenigen Stücke widerlegt, auf denen die Anordnung der Gruben und Rinnen eine deutliche Orientierung in Bezug auf die Form des Stückes zeigt. Viele Stücke zeigen bei pechschwarzer Farbe im auffallenden Lichte einen lebhaften Lackglanz, der wahrscheinlich von einer sehr dünnen Schmelzrinde herrührt, welche die Oberfläche überzieht. An den geätzten Flächen wurde der Glanz nicht in dieser Weise beobachtet.

Nach Stelzner's Bericht waren die australischen Forscher schon seit langem bemüht, sich eine Erklärung für die rätselhaften Bombenfunde ihres Kontinentes zurecht zu legen; man dachte an Verschleppungen durch Eingeborene oder durch Emus oder an einen diluvialen Eistransport vom antarktischen Gebiete des Erebus und Terror. »Wieder andere,« schreibt Stelzner weiter, »sind der Meinung, dass das Rätsel nur dadurch gelöst werden könne, dass man den »Bomben«, obwohl sie eine von jener aller andern bekannten Aërolithen sehr abweichende Beschaffenheit zeigen, trotzdem einen kosmischen Ursprung zuschreibe.« Dieser Meinung, welche wohl aus bedeutsamen, wenn auch bloss negativen Gründen hervorgegangen ist, und deren ursprünglicher Autor nicht genannt wird,[1]) beizupflichten, hat sich Stelzner nicht entschliessen können, obwohl er die eigentümliche Skulptur der Bomben als Wirkung der Atmosphäre während des Fluges erkannt hat. Van Verbeek trat dagegen, trotzdem er die Skulptur der Billitonkugeln bloss für die Wirkung eines Gerölltransportes hielt, ebenfalls bloss auf die negativen Gründe gestützt, entschieden für den ausserirdischen

[1]) Vielleicht V. Streich, mit welchem Reisenden Stelzner damals über diesen Gegenstand korrespondiert hat.

Ursprung dieser Körper ein, und zwar hielt er sie für vulkanische Auswürflinge des Mondes.

Gelegentlich meiner geologischen Aufnahmen in der Nähe der mährischen Moldavitfundgebiete sind mir zumeist in verschiedenen Privatsammlungen Hunderte von Stücken zu Gesicht gekommen, und allmählich bin ich zu der Überzeugung gelangt, dass sich die Skulpturen auf keine andere Weise erklären lassen, als durch intensive Korrosion der Oberflächen während eines ausserordentlich raschen Fluges durch die Luft, ähnlich wie die Piëzoglypten der Meteoriten. Nachdem ich diese Ansicht in der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften vorgetragen habe, gereicht es mir zur besondern Genugthuung, dass dieselbe noch eine wesentliche Unterstützung gefunden hat durch eine Anfang Dezember hier eingetroffene Studie Dr. P. G. Krause's über die »Obsidianbomben aus Niederländisch-Indien«, in welcher der Verfasser zu ebenderselben Deutung für die manchen Moldavitoberflächen ganz ähnlichen Skulpturen der genannten Körper ganz selbständig gelangt ist.

Die Erscheinungen an den australisch-indischen Stücken gehören ohne Zweifel in dieselbe Kategorie, wie die an den böhmisch-mährischen, wenn auch die letztern, so viel mir bis jetzt bekannt ist, meistens viel extremer entwickelt sind und eine viel grössere Mannigfaltigkeit der Typen aufweisen.

Im allgemeinen lassen sich die Formen der Moldavite nicht unmittelbar vergleichen mit denen der Meteorite, trotzdem manche von ihnen in ihrem äussern Habitus den Meteoriten sehr ähnlich sind; solche Stücke waren es auch, welche zur Prüfung auch der andern Stücke auf ihre kosmische Natur Veranlassung gegeben haben. Es muss zugegeben werden, dass die Erklärung der extremern Formen auf rein theoretisches Gebiet führt; das ist aber nicht anders zu erwarten; denn die Wirkungen, welche die höchst komprimierte und erhitzte Luft auf die mit einer Geschwindigkeit von vielleicht 60 *km* oder mehr bewegten Glasmassen hervorbringt, können wir nur durch Schlüsse sehr unsicher vermuten und dann prüfen, ob die Oberflächengebilde der Moldavite sich besser mit den so erschlossenen oder mit sonstigen irgendwelchen irdischen Einwirkungen vergleichen lassen.

Daubrée hat versucht, durch Dynamitexplosionen die Gruben und Näpfchen und Grübchenreihen der Meteorite nachzuahmen; durch enge Röhren ausströmende hochkomprimierte und erhitzte Gase erzeugten tief eingerissene Rinnen und Furchen, welche Daubrée als »Ausbrennungskanäle« bezeichnete; ähnliche Erscheinungen, durch Korrosion der komprimierten Gase hervorgerufen, beobachtete er auch an alten Kanonenrohren. In diesen Erscheinungen kann man, wie ich glaube, die Analogien der Skulptur der Moldavite erkennen; eine Anschauung, die natürlich unterstützt werden muss durch die allgemeinen geologischen und geographischen Gründe, welche bereits Verbeek u. a. dazu geführt haben, für die ähnlichen Gläser von Niederländisch-Indien und Australien einen kosmischen Ursprung anzunehmen.

Diejenigen Stücke, welche die grösste äussere Ähnlichkeit mit Meteoriten aufweisen, zeigen flachrunde und muschelförmige Eindrücke, welche die ganze Skulptur der Oberfläche ausmachen. Sie stellen dasselbe dar, was man an Meteoriten als »Fingereindrücke« bezeichnet hat; nur sind sie bedeutend kleiner. Infolge des geringern Wärmeleitungsvermögens dürften bei diesen Gläsern die Einwirkungen zahlreichere lokale Konzentrationspunkte gefunden haben, als an den altbekannten aërolithischen Steinen und Eisen; dadurch erklären sich die geringen Dimensionen der Piëzoglypten an den Moldaviten.

Solche Stücke sind ziemlich selten; häufiger ist bereits die Anhäufung von Näpfchen und Gruben und Grübchenreihen auf den Flächen mancher weniger korrodierter Stücke, auch diese Flächen besitzen grosse Ähnlichkeit mit denen mancher Meteoriten.

Sehr häufig ist jedoch die ganze Oberfläche bedeckt von zahlreichen Näpfchen, oft sitzen jüngere, kleinere Näpfchen in den grössern, oder sie schneiden gegen ältere ab. Auf den verschiedenen Seiten sind sie manchmal ganz gleichmässig und manchmal ungleichmässig verteilt. Von diesen Näpfchen lassen sich alle Übergänge nachweisen, einerseits zu tief eingebohrte Furchen und Rillen, welche wie mit einem Instrumente ausgebohrt oder herausgestemmt erscheinen, und anderseits zu weniger tiefen, langen Rinnen oder kanalartigen Einrissen. In diesen beiden Formen wird man am besten die »Ausbrennungskanäle« Daubrée's wiedererkennen. Vermutlich hat sich die Glasmasse während des Falles in einem plastischen Zustande befunden: die kurze Dauer der Erwärmung während des Sturzes wird nicht hingereicht haben, um die ganze Masse zum Schmelzen zu bringen, wie ja auch die Meteoriten nur mit einer sehr dünnen Schmelzrinde überdeckt sind. An einzelnen Konzentrationspunkten greift aber die heisse Luft besonders stark an und bewirkt daselbst lokale tiefe Ausschmelzungen, wir haben sie uns als ganz plötzliche explosionsartige Einwirkungen zu denken; die geschmolzenen Partien werden sofort von der Masse losgerissen und in der Atmosphäre verflüchtigt. Bekanntlich hat man häufig beobachtet, dass nach dem Sturze eines Meteors auf seiner Bahn noch eine Wolke zurückgeblieben ist, welche sich erst allmählich verliert; offenbar hat man es hier ebenfalls mit feinsten Teilen zu thun, welche während des Fluges von der Hauptmasse losgerissen worden sind. Eine genaue Betrachtung der »Ausbrennungskanäle« zeigt sofort, dass dieselben keine kontinuierlichen Bahnen darstellen, sondern aus lauter einzelnen länglichen Gruben und Grübchen, gleichsam aus zahlreichen einzelnen »Schlägen« zusammengesetzt sind, von denen jeder einen gesonderten Angriffspunkt darstellt. Die Ähnlichkeit der Ätzgruppen mit den Näpfchen und Rinnen der natürlichen Oberfläche rührt wohl nur daher, dass in beiden Erscheinungen der molekulare Aufbau der Massen in gleicher Weise enthüllt. So wie Ätzfiguren und Schlagfiguren an ein und demselben Materiale eine Verwandtschaft zeigen, so ist das auch bei diesen Ätzgruben und bei den durch die atmosphärische Korosion entstandenen Vertiefungen der Fall.

Mögen nun die grubigen Vertiefungen in kleinen lokalen Gruppen zu Angriffszentren zweiter Ordnung zusammengruppiert sein, oder mögen sie zu längern Kanälen auseinander gezogen in strahlenförmiger Anordnung sich über die ganze Oberfläche einzelner Stücke ergiessen, und mögen sie in den Dimensionen noch so sehr schwanken, immer hat man es mit derselben Erscheinung in sehr mannigfaltiger Ausbildung zu thun.

Je nach der Geschichte jedes einzelnen Stückes während des Fluges sind die Skulpturformen in verschiedener Weise ausgebildet; es zeigt sich im grossen ganzen eine damit übereinstimmende Abhängigkeit der Skulpturen von den Umrissen der einzelnen Stücke; und man kann eine Reihe von ausgesprochenen Typen unterscheiden. Es ist nicht möglich, in dieser vorläufigen Mitteilung die ganze Mannigfaltigkeit der Formen und Charaktere zu erschöpfen; es können nur einige wenige bezeichnende Typen besprochen werden.

Wie bei den übrigen Meteoriten, muss man auch hier annehmen, dass während des Sturzes zahlreiche Explosionen stattgefunden haben; ja die spröde Glasmasse, zugleich ein so schlechter Wärmeleiter, muss bei der raschen Erhitzung in noch zahlreichere und kleinere Stücke zerfallen, als das bereits von den Meteorsteinen häufig beobachtet worden ist. Die später blossgelegten Flächen werden während einer kürzern Zeitdauer der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt; an ihnen sind die Piëzoglypten in der einfachsten Form entwickelt. Stücke mit solchen Flächen und den allerjüngsten Umrissen kann man als Kernstücke bezeichnen; sie sind unregelmässig polygonal umgrenzt von wenig gekrümmten Flächen, welche meist in nahezu rechtem Winkel aneinanderstossend und nur die Fingereindrücke und schwarmweise oder reihenweise gruppierte Näpfchen zeigen. Meist kann man an solchen Stücken jüngere und ältere Flächen, d. h.

Flächen mit tiefern und grössern, und solche mit kleinern und weniger zahlreichen Gruben unterscheiden; eine Erscheinung, die auch an den Meteoriten nicht selten beobachtet wird.

Eine zweite, ungemein mannigfaltige und reiche Gruppe bilden die als Absprenglinge bezeichneten Stücke; sie sind fast stets viel stärker gegrubt als die Kernstücke. Sehr viele von diesen sind krummschalig geformt, und da gilt es als weit vorherrschende Regel, dass die konvexe Seite viel stärker angegriffen ist als die konkave. Andere Stücke sind wieder mehr ebenflächig, aber auch prismatisch oder krummprismatisch; häufig sind sie an der einen Seite mehr zugeschärft, während die andere Seite verdickt erscheint. Wo die scharfen Kanten mehr abgerundet sind, nähern sie sich nicht selten flach linsenförmigen oder dick-uhrglasförmigen und sonstigen mehr unregelmässigen Formen.

Die Näpfchen, welche die ganze Oberfläche bedecken, sind oft länglich auseinandergezogen und nähern sich dadurch den Rinnen und Kanälen; sie zeigen auch dann schon stets eine ziemlich deutliche, strahlenförmige Anordnung und führen so zu dem nächsten Typus hinüber. Die länglichen Grübchen laufen am Rande der unregelmässigen flachen Stücke, und zwar auf beiden Breitseiten stets im Winkel gegen die Kante, niemals dieser parallel, und nehmen gegen den Rand an Tiefe und Schärfe zu; die Ränder erscheinen infolgedessen wie fein ausgezackt oder gefiedert. Die Erscheinung dürfte daher rühren, dass der Luftstrom sich an den Kanten brechend, am Rande schärfer korrodiert. Wie immer sich das Stück während des Fluges drehen mag, der Luftstrom wird stets gegen die Ränder zu ausweichen müssen und an den Kanten eine stärkere Angriffsmöglichkeit, vielleicht auch ein von der Hitze mehr durchweichtes Material vorfinden. Wenn der Prozess weiter fortschreitet, verwandelt sich der unregelmässige Umriss in einen mehr rundlichen oder ovalen, und es entsteht der so verbreitete Typus der »Sterne«. Von der Mitte des Stückes strömen längliche »Ausbrennungskanäle«, sich manchmal auch verzweigend, gegen die Ränder; in der Nähe der Ränder wird die strahlenförmige Anordnung immer deutlicher, und der Rand selbst, wo die Kanäle von beiden Seiten zusammenfliessen, erscheint quer auf seiner Schmalseite völlig zerrissen; die Luftströme haben hier am stärksten angegriffen. Viele solcher »Sterne« besitzen in der Mitte eine oder mehrere Vertiefungen, aus denen die Kanäle hervorzubrechen scheinen; es sind daselbst sekundäre Angriffspunkte entstanden, an welchen die Luft nicht schnell genug auszuweichen Gelegenheit gehabt hat.

Von schaligen Absprenglingen mit mehr länglichen Umrissen lassen sich alle Übergänge nachweisen zu den tropfenförmig ausgezogenen Stücken mit gefiederten Schweifen. Auch hier stehen scharfkantige Korrosionsrisse quer auf den Kanten und geben diesen das gefiederte Aussehen; wo aber die Risse und Kanäle an dem breitern Teile der Oberfläche zu einem Sterne zusammenströmen, erscheint der Stern ebenfalls gegen die schweifartige Verlängerung in der Weise angezogen, dass sich eine Reihe paralleler Risse gegen die Spitze des Schweifes ergiesst. In der extremsten Entwickelung solcher Formen sieht man, dass die randlichen Fiederstreifen sich von den der Längsaxe des Schweifes parallel ziehenden Streifen deutlich abtrennen. Auch hier wiederholt sich auf beiden Breitseiten die Skulptur in symmetrischer Weise. In welchem Grade hier bloss oberflächliche Korrosion eine Rolle spielt, und in welchem Grade das Stück vielleicht durch Erwärmung zähflüssig und tropfenförmig ausgezogen wurde, wage ich nicht zu entscheiden. Sicher ist, dass sehr viele quer gebrochene Bruchstücke von solchen Tropfenschweifen vorliegen, welche auch auf der frischen Bruchfläche die Näpfchen zeigen, ein Umstand, der dafür spricht: dass die Stücke noch während des Fluges in der Atmosphäre zersprungen sind.

An mehrern prismatischen Absprenglingen, welche der Länge nach winkelförmig gebogen sind, in der Weise, dass auf der Innenseite der Umbiegung eine breite Rinne entsteht, kann man beobachten, dass die Aus-

brennungsfurchen in der Rinne stets in ihrer Erstreckung parallel lauten, wie wenn der Luftstrom unter allen Umständen gezwungen wäre, der Rinne zu folgen. Die konvex umgebogene Aussenseite ist dagegen meistens quer auf ihre Längserstreckung zerhackt und zerrissen. Man findet auch häufig Bruchstücke, welche auf beiden Seiten in verschiedener Richtung gefurcht sind, und die sich auf solche Formen zurückführen lassen.

Andere Formen nimmt die Skulptur an bei grössern und plumpern Körpern von flach linsenförmiger, kugeliger oder mehr weckenförmiger Gestalt. Hier hat die Furchung nicht Gelegenheit, sich in deutlicher Strahlenform über eine Breitseite zu ergiessen.

An andern massigen Körpern ist die ganze Oberfläche mehr gleichmässig angegriffen; besonders einige zapfenförmige und eiförmige Exemplare sind von Furchen auf der ganzen Oberfläche gleichsam überrieselt; sie gewähren ein Bild, welches sich entfernt vergleichen lässt mit der gleichmässigen Überrieselung, welche durch atmosphärische Korrosion an manchen Wüstensteinen zustandekommt, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Furchen bei genauerer Betrachtung nicht als fortlaufende kontinuierliche Rinnsale erscheinen, sondern aus lauter einzelnen länglichen Gruben, jede ein spezieller Angriffspunkt, zusammengesetzt sind. An einzelnen Stellen der Oberfläche strahlen nicht selten die Furchen um eine grössere Vertiefung undeutlich sternförmig auseinander; hin und wieder finden sich auch drei bis vier mehr oder weniger deutliche, derartige Sternbildungen an ein und demselben Stücke. Es haben wahrscheinlich stellenweise kleinere Vertiefungen an der Oberfläche Veranlassung zur stärkern Erhitzung einzelner Punkte gegeben, und von diesen Punkten aus, wo die erweichte Glasmasse zuerst beiseite geschoben und entfernt worden war, hat sich der heisse Luftstrom auseinanderstrahlend über die umgebende Oberfläche ergossen. Einzelne mehr kugelige oder weckenförmige Stücke sind auf der ganzen Oberfläche bedeckt wie von zahlreichen kleinen »Grübchenrosetten«; die wenig verlängerten, hanfkorngrossen Näpfchen sind in kleinen Gruppen zusammengedrängt, welche sich zu einer stärkern Vertiefung vereinigen. Solche und ähnliche Skulpturformen kombinieren sich in der mannigfaltigsten Weise auf der Oberfläche der verschiedenen massigen Exemplare.

Es ist bemerkenswert, dass die von Verbeek und G. P. Krause abgebildeten »Glaskugeln« von Billiton und Bunguran, sowie auch sechs Stücke vom erstern Fundorte, welche mir Herr Prof. K. Martin freundlichst zur Ansicht übersendet hat, stets nur gröbere Skulpturen zeigen, und dass die flachen Scherben mit den gefiederten Rändern, so wie die sternförmig ausstrahlenden Kanäle bis jetzt von dort noch nicht bekannt geworden zu sein scheinen. Es herrschen die groben »Rillen« vor, welche P. G. Krause als wie mit dem »Rundeisen ausgekehlt« beschreibt, und welche »ohne erkennbare Regelmässigkeit« bald dichter geschart, bald vereinzelt über die Oberfläche verlaufen. Auch Stücke von diesem Typus, mit diesen »Rillen«, sind unter den Moldaviten nicht selten, und zwar erscheinen die Rillen meistens in sehr grosser Zahl; oft führt die Anhäufung derselben zu einer weitgehenden Zerstörung und bis zu den Formen, welche P. G. Krause als rhizopodenartig aufgelöst« bezeichnet hat. Dagegen ist eine Skulpturform, welche auf den Kugeln von Billiton und Bunguran sehr verbreitet ist, an den Moldaviten nur sehr selten und unsicher zu beobachten. Es sind das die sogenannten »Höfchen« (Krause) oder »Tischchen« (Verbeek). Sie gehen anscheinend aus den oft halbmondförmig gekrümmten »Rillen« hervor, wenn sich diese nahe zu einem Kreise zusammenschliessen, und wenn die beiden Enden durch eine jüngere überschneidende Rille verbunden werden.

An sehr vielen Stücken kann man eine feine Streifung beobachten, welche, völlig unabhängig von der gröbern Skulptur, gewisse Partien der Stücke sowohl in den Erhabenheiten als auch in den Vertiefungen überzieht. Eine ähnliche Streifung scheint diejenige zu sein, welche Stelzner

an einer australischen Bombe als »Bürstenstriche der Atmosphäre« bezeichnet hat. Es ist mir gelungen, auch auf einer frischen Bruchfläche von Moldavit durch Ätzen mittels Flusssäure eine gleiche, sehr feine Streifung hervorzurufen. Daraus ergiebt sich, dass man es hier mit den Anzeichen einer Fludialstruktur zu thun hat, und viele Stücke geben sich dadurch als Trümmer von einstmals grössern Massen kund. In einzelnen Fällen, in denen man die wellig gebogene und öfters auch faltenartig zurücklaufende Fluidalstreifung auf dem weniger angegriffenen Querbruche mancher flacher, fladenartiger Stücke beobachten kann, scheint sie von dem äussern Umrisse des Fladens abhängig zu sein, wie wenn sie erst infolge des teilweisen Aufschmelzens oder infolge einer zähen Verzerrung des Stückes erzeugt worden wäre. Dieser Annahme widerspricht jedoch der scharfe Querbruch, der, nach den Piëzoglypten zu schliessen, noch im Fluge entstanden sein muss; eine endgültige Entscheidung in dieser Frage wage ich jedoch im gegenwärtigen Augenblicke noch nicht zu treffen.

Einzelne Stücke enthalten makroskopisch ganz gut wahrnehmbare, ja sogar in einigen seltenen Fällen bis erbsengrosse länglich verzogene, linsenförmige Blasen. Das frühere Vorhandensein noch grösserer, wahrscheinlich im Fluge zerplatzter Blasen giebt sich durch glatte, runde Eindrücke in manchen Stücken sehr deutlich kund. Hin und wieder stehen zwei, ja sogar drei solcher aufgebrochener Blasen sehr nahe bei einander und sind nur durch eine dünne Scheidewand getrennt. In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Stücke kann man aber mit freiem Auge keine Blasen wahrnehmen.

Die Vereinigung aller auf die Moldavite Bezug habenden Umstände, ihr Auftreten fern von irgendwelchen vulkanischen Bildungen, das Vorkommen ähnlicher Körper in diluvialen Ablagerungen ausser-europäischer Gegenden, in denen wir ihnen durchaus keinen künstlichen Ursprung zuschreiben können, ferner ihre chemische und mineralogische Beschaffenheit, in der sie sich weder mit den bisher bekannten natürlichen, noch mit den künstlichen Gläsern vollkommen decken, und vor allem ihre eigentümliche und fremdartige Oberflächenskulptur, lassen keinen andern Erklärungsversuch für ihre Herkunft zu, als dass sie aus dem Weltenraume auf die Erde herabgefallen sind. Ihre chemische Verschiedenheit von den übrigen Meteoriten kann nicht als Einwurf gegen diese Anschauung betrachtet werden; denn unsere Kenntnis kosmischer Vorgänge beruht auf einer verhältnismässig sehr kurzen Erfahrung. Wenn man in den meteorischen Eisen die Trümmer der innern Kerne von zerborstenen Himmelskörpern vermutet hat, so kann man mit Recht auch einmal erwarten, die kieselsäurereichen und thonerdehaltigen Glieder, welche der äussern Feldspathülle unserer Erde entsprechen, unter den Aërolithen anzutreffen. Sie sind in den kurz beschriebenen Gläsern gefunden, welche somit das System der Aërolithen mit der Gruppe der »Moldavite« vervollständigen.

Die Lagerungsverhältnisse der Moldavite lassen schliessen, dass eine grössere Menge dieser Gläser gegen Ende der Tertiärzeit oder zur Quartärzeit zur Erde gefallen ist. Eine weitere Frage ist, ob wir die Fälle im böhmisch-mährischen Gebiete und die in der weitaus grössern australisch-indischen Region als ein einziges Ereignis zu betrachten haben. Die annähernde geologische Gleichzeitigkeit scheint dafür zu sprechen; dagegen scheinen aber die Körper in beiden Gebieten von etwas verschiedener Beschaffenheit zu sein. Die einzige, mir bekannte, vollständige Analyse einer Billitonkugel giebt einen Kieselsäuregehalt von 71% an, während die Moldavite meist 77—79% Kieselsäure enthalten (C. v. John). Ausserdem enthalten die niederländisch-indischen Kugeln mehr Eisen; damit stimmt auch überein, dass sie sowohl nach den Beschreibungen, als auch nach den mir vorliegenden Stücken eine dunklere Farbe und ein höheres spezifisches Gewicht aufweisen. Nach vereinzelten Angaben ist es jedoch wahrscheinlich, dass auch unter den indisch-australischen Stücken hier und da heller gefärbte Varietäten vorkommen. Dass auch in der Skulptur,

sowie in den Gesamtformen bei diesen andere Typen vorherrschen als bei den Moldaviten, wurde bereits oben erwähnt, Auch die böhmischen Stücke sind im Gesamthabitus verschieden von den mährischen. Hier finden sich häufiger die mehr gerundeten und weniger angegriffenen Typen, während an der Moldau ausgezogene, tropfenförmige Typen vorwiegen; sie sind an der Oberfläche meistens in höherem Grade zerhackt. Das lässt sich auch dadurch erklären, dass die böhmischen Stücke einen längern Weg in der Luft zurückgelegt haben; dass sie in höherem Grade erhitzt, zähflüssig geworden und stärkerer Korrosion ausgesetzt gewesen sind.«

Fixsterne.

Eine Vergleichung der Zahl der Sterne zwischen 64° und 70° nördl. Deklination auf den Greenwicher astrophotographischen Platten mit derjenigen in der Bonner Durchmusterung und dem Kataloge der Astronomischen Gesellschaft hat W. H. M. Christie mitgeteilt.[1]) Diese Vergleichung ist für jede Stunde der Rektaszension durchgeführt; das Resultat enthält die folgende Tabelle:

Rekt. h	Zahl der auf den Platten gemessenen Sterne	Anzahl pro Quadratgrad	Zahl der Sterne in der Bonner Durchmusterung	Verhältnis	Zahl der Sterne in dem Katalog der Astron. Gesellschaft	Verhältnis
0	2283	64.9	596	3.8	266	8.6
1	2317	65.9	601	3.9	244	9.5
2	1921	54.7	432	4.5	199	9.7
3	1948	55.4	371	5.3	173	11.3
4	1959	55.7	415	4.7	192	10.2
5	2821	80.3	331	8.5	185	15.3
6	2561	72.9	291	8.8	181	14.2
7	1978	56.3	309	6.4	178	11.1
8	2025	57.6	338	6.1	169	12.0
9	1373	39.1	301	4.6	151	9.1
10	1623	46.2	300	5.4	164	9.9
11	1845	52.5	264	7.0	168	11.0
12	1631	46.4	261	6.3	138	11.9
13	1726	49.1	295	5.8	159	10.9
14	1763	50.2	318	5.6	186	9.5
15	2160	61.4	328	6.6	200	10.8
16	2116	60.2	345	6.1	207	10.2
17	3093	88.0	422	7.3	234	13.3
18	3242	92.2	425	7.6	211	15.5
19	3636	103.4	538	6.8	246	14.8
20	2663	75.8	478	5.6	191	14.0
21	4446	126.5	703	6.3	329	13.5
22	4217	120.0	654	6.4	275	15.4
23	2829	80.5	663	4.4	320	8 8
	58170	70 0	9971	5.83	4966	11.7

Die Bahn des Sirius ist, unter Zuziehung der neuesten Beobachtungen des Begleiters, die bis ins Frühjahr 1899 reichen, von Zwiers untersucht worden. Diese Abhandlung ist der Kgl. Ges. der Wissensch. in Amsterdam vorgelegt worden, und Hussey giebt

[1]) Observatory 1899. No. 281. p. 268.

darüber einen Bericht.[1]) Die Umlaufszeit des Begleiters stellt sich hiernach auf 48.8421 Jahre, also etwas kürzer, als man früher berechnet hatte. Die halbe grosse Achse ist 7.594" und die Exzentrizität der Bahn 0.5875. Die Zeit des Durchganges durch das Perihel ist 1894.090. Die Berechnung zeigt die grosse Genauigkeit der nach dem Wiedersichtbarwerden des Begleiters (in der letzten Hälfte des Jahres 1896) auf der Lick-Sternwarte angestellten Messungen. Die grössten Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung stiegen im Positionswinkel für eine einzelne Messung nicht über 1.84°, in der Distanz nicht über 0.24".

Bestimmung der Helligkeit von 96 Plejadensternen. G. Müller und P. Kempf haben,[2]) veranlasst durch den Umstand, dass die im zweiten Teile ihrer photometrischen Durchmusterung angegebenen Helligkeiten von 21 Plejadensternen sehr beträchtlich von den Lindemann'schen Plejadengrössen abweichen, eine neue Untersuchung über die Helligkeit dieser und anderer (zusammen 96) Plejadensternen angestellt. Über die Einzelheiten muss das Original nachgelesen werden. Es ergab sich, dass in den Lindemann'schen Messungen ein Irrtum mit untergelaufen ist, und die Potsdamer Grössenangaben richtig sind. Ferner fand sich aber auch, dass die auf Okularschätzungen beruhenden Angaben in der Bonner Durchmusterung für die Sterne 9.4 und 9.5 Grösse äusserst unzuverlässig sind, da unter derselben Sterne vorkommen, die zwischen den Grössen 10.2 und 11.8 liegen. Dieses Ergebnis bezieht sich natürlich zunächst auf die Grössenangaben der schwachen Plejadensterne und darf nicht ohne weiteres auf die ganze Bonner Durchmusterung ausgedehnt werden.

Über die Grössenklassen der teleskopischen Sterne der Bonner Durchmusterungen hat Prof. H. Seeliger eine wichtige Untersuchung veröffentlicht.[3]) Die Helligkeitsangaben der Sterne der Bonner Durchmusterung sind für verschiedene Regionen des Himmels nicht gleichförmig, wobei besonders wie schon Schoenfeld gefunden, die mit der Annäherung an die Milchstrasse wachsende Sterndichtigkeit eine Hauptrolle spielt. Um diese Ungleichförmigkeiten der Helligkeitsangaben der Durchmusterungen zu beseitigen, hat Prof. Seeliger die von Pickering mittels des Meridianphotometers gewonnenen Bestimmungen der photometrischen Helligkeit der Sterne unter 6. Grösse mit denjenigen der Durchmusterungen verglichen. Die gefundenen Differenzen wurden in 9 je 20° breiten Zonen geordnet gemäss deren Abstand der Sterne von der Milchstrasse und nach Deklinationen. Durch weitere rechnerische Behandlung

---

[1]) Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific. **11.** No. 69. p. 163.

[2]) Astron. Nachr. No. 3547.

[3]) Sitzungsber. mathem.-physik. Kl. d. kgl. bayer. Akad. d. Wissenschaften 1898 **28.** 2. Heft.

des Materials werden endlich die Mittel gefunden, den Einfluss der Sterndichtigkeit auf die Grössenschätzungen zu eliminieren und die mittlere Reduktion auf die photometrische Skala zu bestimmen.

Die räumliche Verteilung der Fixsterne bildete den Gegenstand einer zweiten wichtigen Arbeit von Prof. H. Seeliger.[1]) Er bemerkt zunächst, dass die bisherigen Beobachtungen über die Zahl der Sterne in den einzelnen Grössenklassen und in bestimmten Winkelabständen von der Milchstrasse leider nicht ausreichen, um das Gesetzmässige, welches hierbei etwa auftritt, genügend genau festzustellen. Beobachtungen zu diesem Zwecke aber wären, wie er hervorhebt, durchaus nicht mühevoller und langwieriger als sehr viele andere, deren Durchführung einzelnen Personen gelungen ist. »Durch eine allerdings wegen der systematischen Abhängigkeit der Helligkeitsgrenze, bis zu welcher ein Fernrohr vorzudringen gestattet, von dem Sternreichtume nur bei grosser Umsicht zum Ziele führende Modifikation der Methode, welche die beiden Herschel bei ihren Sternaichungen angewendet haben, wäre das Ziel schon dadurch zu erreichen, dass man ein grosses Fernrohr in vielfachen Abstufungen abblendet und die Sterne in gleichförmig über den Himmel verteilten Gegenden abzählt. Viel einfacher aber und sicherer würde die Photographie, in passender Weise auf diesen Fall angewendet, zum Ziele führen. Es ist wohl kaum eine lohnendere und wichtigere Beobachtungsarbeit im Gebiete der Stellarastronomie für solche Beobachter anzugeben, die für Daueraufnahmen eingerichtet sind.«

Systematische Zählungen der Sterne liegen in der Bonner Durchmusterung des Himmels bis zur Grössenklasse 9.5 vor; die sogenannten »Aichungen« Herschel's (welche nichts anderes als Zählungen der Sterne in dem Gesichtsfelde eines grossen Reflektors sind), erstrecken sich auf sehr lichtschwache Sternchen. Zwischen beiden Sternzählungen gähnt eine Kluft, die nur durch ganz spärliche Zwischenglieder überbrückt ist. »Gerade in dieser Lücke aber,« sagt Prof. Seeliger, »liegen die Sterngrössen, von welchen die Bestimmung der Begrenzung des Sternsystems abhängig ist, und diese Begrenzung kann infolgedessen gegenwärtig nur durch Hypothesen vorgenommen werden, deren Wahrscheinlichkeit man nicht darthun kann. Aber so viel scheint mit Sicherheit hervorzugehen, dass das etwa 30—40 Millionen leuchtender Sterne enthaltende System nicht ins Unbegrenzte sich hinerstreckt, sondern eine Ausdehnung besitzt, die gar nicht so ungeheuer gross ist und vielleicht tausend Siriusweiten nirgends überschreitet. Diese den ältern Vorstellungen W. Herschel's verwandte Ansicht, kann aber nicht etwa durch die Annahme einer Absorption des Lichtes im Sinne von Olbers und W. Struve dahin modifiziert werden, dass infolge dieser Absorption

---

[1]) Abhandlgn. d. kgl. bayer. Akad. d. Wissensch. II. Kl. 19. III. Abt. München 1898.

nur ein kleiner Teil der nähern Umgebung der ganzen Fixsternwelt für uns sichtbar bleibt, denn diese Annahme führt zu einer Verteilung der Sterne, die selbst durch die gegenwärtig verfügbaren spärlichen Beobachtungsresultate nicht bestätigt wird.

Danach würden also die sichtbaren Fixsterne ein für sich bestehendes System bilden. Ob alle himmlischen Objekte, wie Sternhaufen und Nebelflecke, zu diesem Systeme gehören, also innerhalb desselben liegen, ist gegenwärtig zu entscheiden unmöglich. Aber sicher ist keine der in neuester Zeit gefundenen Thatsachen geeignet, die Meinung zu erschüttern, dass thatsächlich unsere Beobachtungen über dieses System nicht hinausreichen; dagegen dürften manche Wahrnehmungen an Nebelflecken, wie die Grösse ihrer Eigenbewegungen, ihr offenbarer Zusammenhang mit den Fixsternen, die in ihnen stehen, und vieles andere nur vereinbar sein mit der ausgesprochenen Ansicht. Wie wir nun die Ausdehnung unseres Fixsternsystems als überaus gross ansehen — denn das ist doch einer Entfernung von tausend Siriusweiten entsprechend — müssten wir andern in ihrer kosmischen Stellung dem unserigen koordinierten Systemen eine überaus grosse Entfernung höherer Ordnung zuerkennen. Dass hier Absorptionen des Sternenlichtes, ob im Olbers-schen Sinne oder in anderer Art zu Tage treten müssen, ist eine zum mindesten zulässige, wenn nicht notwendige Annahme. Jedenfalls würde sich auf diese Weise das ganze Weltbild in so einfacher Weise gestalten, dass wir schon aus diesem Grunde es so lange als zutreffend ansehen müssen, bis ganz bestimmte Erfahrungen dagegen sprechen. Dass dergleichen Erfahrungen nicht vorliegen, dass also auch nicht die starken Eigenbewegungen einzelner Sterne hierzu gerechnet werden müssen, möge an dieser Stelle nicht näher erörtert werden.«

Die Untersuchungen Prof. Seeliger's behandeln nun folgende Seiten der Frage: Im ersten Abschnitte wird die Gesetzmässigkeit, welche in der typischen scheinbaren Verteilung der Sterne auf Grund des Materials der Bonner Durchmusterungen, der Abzählungen von Celoria und der Sternaichungen der beiden Herschel zu Tage tritt, besprochen.

Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit den allgemeinen, zum Teil mathematischen Deduktionen, zu denen die vorliegende Aufgabe Veranlassung giebt, und enthält die allgemeinern Resultate, zu denen diese führen.

Im dritten Abschnitte schliesslich werden einige Bemerkungen über die Konstitution der Milchstrasse gemacht.

Was zunächst die scheinbare Verteilung der Sterne, welche in den Bonner Durchmusterungen enthalten sind, anbetrifft, so findet Prof. Seeliger, dass die Annahme durchschnittlich gleicher räumlicher Verteilung und Leuchtkraft derselben, die so oft gemacht wird, unhaltbar ist. »Es dürfte,« sagt er, »keinem Zweifel unterliegen, dass die Anzahl der Sterne zwischen 6. und 9. Grösse beträchtlich

langsamer mit der Sterngrösse zunimmt, als die ihr zu Grunde liegenden Annahmen erfordern. Die scheinbare Verteilung der Fixsterne ist sehr ungleichmässig. Sieht man von lokalen Verschiedenheiten ab, und betrachtet man die Verteilung der Sterne nur in den allgemeinen Zügen, dann gruppiert sich alles um die Milchstrasse. In erster Annäherung kann man annehmen, dass sich die Milchstrasse um einen grössten Kreis gruppiert, dessen Nordpol in $12^h\,49^m$ und $+27^0\,30'$ liegt, und dass die Sternfülle hauptsächlich nur von der galaktischen Breite (der scheinbaren Entfernung von der Milchstrasse) abhängt. Die zwei durch die Milchstrasse getrennten Teile des Himmels verhalten sich nun zwar keineswegs gleich, aber auch hier wird man in erster Näherung von dieser Thatsache absehen dürfen. Die Anzahl der Sterne von etwa 6. Grösse an aufwärts wächst mit der Annäherung an die Milchstrasse fortwährend, und dieses Wachstum beginnt bereits ganz in der Nähe der Pole der Milchstrasse. Daraus folgt, dass die Milchstrasse kein lokales Phänomen sein kann, sondern mit der ganzen Konstitution unseres Sternsystems zusammenhängen muss. Aber auch die Zahl der hellern, mit freiem Auge sichtbaren Sterne zeigt, wie Schiaparelli eingehend untersucht hat, eine deutliche Zunahme mit der Annäherung an die Milchstrasse.«

In nicht ferner Zeit wird man in der im Werke begriffenen photographischen Aufnahme des Fixsternhimmels ein grosses und vollständiges und hoffentlich auch einwandfreies Material bis zu den Sternen von etwa der 11. Grösse besitzen, welches alle Fragen, die hier zum Teil nur angedeutet werden können, genauer zu betrachten erlauben wird, wenn erst das Verhalten der photographischen Grössen zu den photometrischen festgestellt und die nötigen Abzählungen gemacht worden sind. Gegenwärtig könnten nur vereinzelte Aufnahmen einzelner Himmelsgegenden benutzt werden und auch das nur mit Einschränkungen, weil zuverlässige Angaben über die photometrischen Helligkeiten der Sterne meistens fehlen.

Gegenwärtig steht nur ein recht dürftiges Material zur Verfügung. Für die Verteilung der schwächern Sterne kommen ausser den Sternaichungen der beiden Herschel in Betracht: die Ekliptikalkarten von C. H. F. Peters und des Pariser Observatoriums, deren Verwendung für die hier zu behandelnden Fragen indessen, wie Prof. Seeliger näher begründet, kaum ratsam ist. Ausserdem liegt nur noch eine einzige, sehr sorgfältige und darum besonders wichtige Arbeit von Celoria vor. Derselbe hat mit einem Plössl'schen Fernrohre von 10 *cm* Öffnung die Sterne zwischen den Deklinationen $+0^0$ und $+6^0$ abgezählt und die von ihm gewonnenen Zahlen, die vorderhand das einzige Zwischenglied zwischen den Bonner Durchmusterungen und den Herschel'schen Sternaichungen darstellen, werden von Prof. Seeliger ihrer hohen Wichtigkeit wegen näher betrachtet.

Auf Grund einer genauen Untersuchung derselben kommt derselbe zu dem Resultate, dass diese von Celoria gezählten Sterne sich in ihrer Verteilung in Bezug auf die Milchstrasse sehr nahe ebenso verhalten, wie die Durchmusterungssterne von der Grösse 1 bis 9.0. Das Gesagte gilt natürlich nur für Mittelzahlen, die sich auf ein grösseres Areal beziehen. Einzelne Gegenden kleinern Umfanges zeigen manchmal ein ganz anderes Verhalten, und besonders scheint dies in der Milchstrasse selbst der Fall zu sein.

Das schätzbarste Material für das Studium der scheinbaren Verteilung der Sterne bilden die von W. und J. Herschel angeführten Sternaichungen, welche, wie Prof. Seeliger betont, in der That ein ziemlich zuverlässiges Bild des Fixsternhimmels bis zu einer der 13. oder 14. photometrischen Sterngrösse entsprechenden Helligkeit abgeben. »Die Resultate der Sternaichungen von W. Herschel sind durch die Publikation Holden's[1]) leicht zugänglich, während die am Kap von J. Herschel ausgeführten Abzählungen in dem Kapwerke[2]) übersichtlich zusammengestellt sind. Holden war in der glücklichen Lage, den bekannten 683 Sternaichungen von W. Herschel 405 bisher unveröffentlichte hinzufügen zu können. W. Herschel's Aichungen sind nicht nach einem festen, von vornherein aufgestellten Plane ausgeführt, und deshalb sind die einzelnen Felder leider keineswegs gleichförmig über den Himmel verteilt; bei J. Herschel ist dies aber in hohem Grade der Fall, was seine Abzählungen besonders wertvoll macht. Von Bedeutung ist auch der Umstand, dass J. Herschel dasselbe Instrument wie sein Vater benutzte und offenbar alle von dem letztern getroffenen Vorsichtsmassregeln und Beobachtungsmethoden genau befolgte. Man kann deshalb von vornherein die Sternaichungen J. Herschel's direkt als eine Fortsetzung der ältern Arbeit ansehen.«

Zone	W. Herschel		J. Herschel		Mittel	auf 1 Quadr.-Grad
	A	Z	A	Z		
I	20	5.3	—	—	5.3	107 Sterne
II	53	7.7	11	7.0	7.6	154 »
III	116	14.0	63	13.7	13.9	281 »
IV	105	30.0	208	26.5	27.7	560 »
V	334	139.2	391	66.7	100.0	2019 »
VI	212	38.9	505	30.9	33.3	672 »
VII	132	12.5	395	13.0	12.9	261 »
VIII	62	6.3	217	8.0	7.6	154 »
IX	25	4.2	70	6.0	5.5	111 »

Bei seinen Untersuchungen denkt sich Prof. Seeliger den Himmel durch zu der Mitte der Milchstrasse gezogene Parallelkreise in neun Zonen zerlegt. Zone I reicht von 0—20° galaktischer Nordpolar-

[1]) Publications of the Washburn Observatory II.

[2]) Results of Astronomical Observations at the Cape of good Hope. London 1847. p. 373 ff.

distanz, Zone II von 20—40° u. s. f., Zone V enthält die Milchstrasse, Zone IX enthält den Südpol der Milchstrasse und reicht bis 160° Nordpolardistanz.

Die vorstehende Tabelle enthält die von Prof. Seeliger gefundenen Resultate der Zusammenstellung aller Herschel'schen Sternzählungen für diese einzelnen Zonen. In dieser Tabelle bezeichnet A die Zahl der Aichungen und Z die durchschnittliche Anzahl der im Gesichtsfelde des Fernrohres, welches 15′ 4″ im Durchmesser hatte, gezählten Sterne.

»Die Zahlen von W. und J. Herschel,« erläutert Prof. Seeliger, »zeigen im allgemeinen eine sehr befriedigende Übereinstimmung. Nur die Zone V, in welcher die Milchstrasse liegt, macht eine auffällige Ausnahme. Zum Teil liegt dies wohl darin, dass W. Herschel recht helle Partien der Milchstrasse, deren Struktur zu erforschen er sich zur Hauptaufgabe stellte, bevorzugte; auch eine Korrektur der Annahme, dass die Milchstrasse längs eines grössten Kreises verläuft, kann möglicherweise die beiden Angaben einander nähern. Dann ist aber auch durchaus nicht ausgeschlossen, dass die Milchstrasse am südlichen Himmel thatsächlich im Durchschnitte nicht so sternreich ist, wie am Nordhimmel. Wenn man aber den typischen Verlauf der Sternverteilung ins Auge fassen will, so wird man umsomehr berechtigt sein, auch für Zone V, die Mittelwerte als die den einzelnen Zonen zugehörigen Sternfüllen anzusehen. Diese Mittel enthält die vorletzte Kolumne, während die letzte die hieraus berechnete Sternanzahl auf dem Areale eines Quadratgrades angiebt. Nebenbei bemerkt, würde aus den letzten Zahlen folgen, dass in dem Herschel'schen Teleskope am ganzen Himmel rund 27 Millionen Sterne zu sehen sind.

Stellt man nun die Zahl der auf einem Quadratgrad befindlichen Sterne zusammen, wie sie nach Herschel (H), Celoria (C) und der ganzen Durchmusterung (D) gefunden worden ist, so ergiebt sich:

Zone	H	C	D	$\frac{H}{D}$	$\frac{H}{C}$	$\frac{C}{D}$
I	107	—	3.06	35 0	—	—
II	154	67.6	3.24	47.5	2.28	20.9
III	281	79.3	3.80	73.9	3.54	20.8
IV	560	115.7	5.34	104.9	4.84	21.7
V	2019	146.9	7.36	274.3	13 74	20.0
VI	672	111.4	5.94	113.1	6.03	18.8
VII	261	77.7	3 99	65.4	3.36	19.5
VIII	154	70.8	3.56	43.3	2.18	19.9
IX	111	—	3.51	31.6	—	—

Diese Zahlen geben, auch wenn die grosse Unsicherheit in Betracht gezogen wird, welche mit der Ausdehnung der Gültigkeit der Zahlen C auf den ganzen Himmel verknüpft ist, doch mit fast absoluter Sicherheit zu erkennen, dass die Verteilung der Sterne,

welche wesentlich schwächer sind als die Celoriasterne, völlig andere Gesetze zeigt wie die der hellern. Während die $\frac{C}{D}$ fast konstant sind, wachsen die $\frac{H}{D}$ ganz regelmässig von den Milchstrassenpolen zu der Milchstrasse und werden hier mehr als siebenmal so gross. Die Anzahl der schwächern Sterne wächst in Regionen fern von der Milchstrasse sehr langsam und in einem überaus viel langsamerern Verhältnisse, wie dies bei den hellern Sternen der Fall ist. Aber auch in der Milchstrassenzone V dürfte das Verhältnis $\frac{H}{C}$ kleiner sein — gewiss ist es nicht grösser —, als man annehmen müsste, wenn die Herschel'schen Sterne noch dieselben Gesetze räumlicher Verteilung erfüllen würden, die von den hellsten Sternen bis zu denen von etwa $11^1/_2$ Grösse angezeigt werden.«

Eine ähnliche Untersuchung hat, wie Prof. Seeliger entgangen ist, schon vor 28 Jahren Dr. Klein ausgeführt[1]) und ist zu dem gleichen Resultate gelangt, im Gegensatze zu W. Struve, welcher behauptete, dass dasselbe Gesetz der Verdichtung gegen die Milchstrasse hin für alle Sterne gleichmässig gelte, was damals schon von Dr. Klein als irrig zurückgewiesen wurde.

Im zweiten Abschnitte seiner wichtigen Arbeit beschäftigt sich Prof. Seeliger mit Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen den Anzahlen, den scheinbaren Helligkeiten und der Dichtigkeit, mit welcher die Weltkörper den Raum ausfüllen. Wegen dieser mathematischen Ausführungen muss auf die Originalabhandlung verwiesen werden, hier können nur die hauptsächlichsten Ergebnisse, zu denen sie unter den gemachten Voraussetzungen führen, angeführt werden. Hiernach dürften die Herschel'schen Aichungen in Verbindung mit dem wenigen, was aus den Abzählungen Celoria's geschlossen werden konnte, aber mit grosser Sicherheit darauf hinweisen, dass die Grenze des Sternsystems jenseits der den Sternen 11. Grösse entsprechenden Entfernung liegt. Diese Grenze liegt um so entfernter, je geringer der Abstand von der Ebene der Milchstrasse ist, und entspricht in der Milchstrasse einer Helligkeit, die um etwa 1—2 Grössenklassen geringer ist.

Unter gewissen einfachen Annahmen kommt Prof. Seeliger zu dem Ergebnisse, dass die Zahl aller leuchtenden Sterne des Systems zwischen der Anzahl der Herschel'schen Sterne, die rund 27 Millionen beträgt, und 41—64 Millionen liegt. Die Grenzen würden an den Polen der Milchstrasse rund 500, in der Milchstrasse selbst 1100 Siriusweiten betragen. Aus allem findet Prof. Seeliger, dass die Milchstrasse kein für sich allein bestehendes Phänomen sein

---

[1]) Klein, Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung 2.: Der Fixsternhimmel. Braunschweig 1872. p. 311.

kann, sondern mit der ganzen Konstitution des Fixsternsystems zusammenhängen muss, weil sich ihr Einfluss in der scheinbaren Verteilung der Sterne, schon in der Nähe ihrer Pole beginnend, in immer stärkerem Masse zeigt, je mehr man sich ihr nähert.

Zum Schlusse seiner wichtigen Untersuchung betont Prof. Seeliger: »Wenn man also zunächst allgemeinere Untersuchungen über die Konstitution der Milchstrasse wegen Mangel an Material nicht ausführen kann, so wäre man doch in absehbarer Zeit in eine günstige Position versetzt, wenn recht zahlreiche und sorgfältige photographische Aufnahmen einzelner Gegenden der Milchstrasse, mit verschiedenen Expositionszeiten, die die Herschel'schen Sterne und noch schwächere erreichen, gemacht werden möchten. Ich habe oben diese Arbeiten als solche bezeichnet, die zu den lohnendsten und wichtigsten der Astrophotographie gerechnet werden müssen. Indessen kann man sich doch auch jetzt schon nicht ohne Berechtigung ein allgemeines Bild vom Wesen der Milchstrasse machen. Diese befindet sich in einer Gegend des Fixsternsystems, wo die einzelnen Weltkörper in grösserer Nähe bei einander stehen als anderswo. Hier werden nun die Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Weltkörpern eine grössere Rolle spielen können als in andern Teilen des Systems, in welchen die Materie überaus spärlich verstreut ist. Ob infolge davon oder nur als zufällige Erscheinung die bekannte zu Haufenbildung neigende Struktur der Milchstrasse hervortritt, ist natürlich zweifelhaft, aber vorläufig wird man das eine nicht für wahrscheinlicher halten als das andere. Im ganzen aber scheint sich zwischen den hellen, weniger hellen und fast sternleeren Gegenden eine sehr angenäherte Kompensation einzustellen, denn wenn man die auf grössern Arealen enthaltenen Anzahlen der Sterne verschiedener Helligkeiten bildet, so treten nahezu überall dieselben Verhältniszahlen auf, welche im Mittel in Zone V gefunden worden sind.

Näheres über die räumliche Lage dieser Anhäufungen von Sternen, welche die Milchstrasse bilden, anzugeben, ist man gegenwärtig wohl nicht in der Lage. Es wäre eine ziemlich vage Bezeichnung für das, was zuletzt bemerkt worden ist, wollte man diese Anhäufungen als ringförmig um uns gelagert bezeichnen, da nach allem, was wir wissen, die Sonne nicht gar weit von der Mitte des Fixsternsystems entfernt sein kann, wenn auch deutliche Asymmetrien in der Sternverteilung beweisen, dass dieser Abstand von der Mitte des Systems merklich sein muss. Man müsste denn, wie Easton, die Sache so verstehen, dass die Sterne, welche in der Hauptsache das Phänomen der Milchstrasse erzeugen, auf einen Raum zusammengedrängt sind, welcher in der Richtung des Visionsradius eine vergleichsweise geringe Ausdehnung besitzt, und zwar soll dieser Raum in einem der mittlern Entfernung der schwächsten Sterne der Bonner Durchmusterung entsprechenden Abstande von uns sich befinden. Die oben angeführten Zahlen sprechen nicht dafür, dass

dies eine von dem mittlern Zustande der Milchstrasse geforderte Annahme ist, wobei sie allerdings für einzelne Gegenden ganz zutreffend sein mag. Diese Anhäufungen befinden sich also nicht überall nahezu in derselben Entfernung von uns, sondern gewiss oft in geringerer, viel öfter aber wahrscheinlich in grösserer Entfernung als den schwächsten Sternen der Durchmusterung im Mittel zukommt. Im übrigen wäre auch noch zu berücksichtigen, dass diese schwächsten Sterne der Durchmusterung in verschiedenen Gegenden sehr wohl um fast eine ganze Grössenklasse auseinanderliegen können, und also ihre mittlern Entfernungen durchaus nicht nur um kleine Bruchteile derselben variieren. Ganz abgesehen aber davon, ob die scheinbare Verteilung der Sterne die Ansicht von Easton stützt oder nicht — was vorerst dahingestellt bleiben mag — ist gegen diese Ansicht a priori wohl nichts einzuwenden, denn sie enthält wohl kaum etwas, was der Erklärung der Anhäufungen in der Milchstrasse neue Schwierigkeiten bereiten würde, und bringt nur eine offenbar mit der ganzen Konstitution des Fixsternsystems zusammenhängende, allerdings merkwürdige Eigentümlichkeit der Dichtigkeitsverteilung zum Ausdrucke. Anderseits kann man zunächst aber auch keine Gründe allgemeiner Art namhaft machen, welche diese »ringförmige« Anordnung der Haufen in der Milchstrasse von vornherein wahrscheinlicher machen als andere Anordnungen. Es muss dies besonders hervorgehoben werden, weil von anderer Seite die Meinung ausgesprochen wurde, das so häufige Vorkommen heller, also sternreicher Anhäufungen in unmittelbarer Nachbarschaft sternarmer, sogar leerer Gegenden weise mit grosser Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass diese Sternanhäufungen in der Richtung des Visionsradius eine verhältnismässig geringe Ausdehnung haben müssen, weil man sonst röhrenförmige Durchsichten anzunehmen hätte, die alle in der unwahrscheinlichsten Weise zur Sonne gerichtet wären. Diese Begründung stützt sich aber auf ein Versehen, denn es ist leicht einzusehen, dass bei gegebener Anzahl von Sternen die Wahrscheinlichkeit für jede vorgegebene scheinbare Anordnung, also auch für das Vorhandensein von bestimmten Durchsichten, ganz unabhängig von der Dimension des Raumes in der Richtung des Visionsradius ist.«

Dr. H. Kobold hat nach dem Verfahren Prof. Seeliger's die Verteilung der 4934 Sterne 1.—6. Grösse, die am ganzen Himmel vorkommen, untersucht.[1]) Um an die Einteilung Seeliger's anzuschliessen, wurden jedoch nur die Sterne bis zur photometrischen Grösse 5.7 abgezählt. Es ergab sich in Übereinstimmung mit dem von Prof. Seeliger gefundenen Gesetze, dass die Anzahl der mit freiem Auge sichtbaren Sterne beträchtlich langsamer mit der Sterngrösse zunimmt, als es bei gleichförmiger Verteilung und gleicher mittlerer Leuchtkraft der Fall sein würde.

[1]) Vierteljahrsschr. d. astron. Gesellschaft. 34. Jahrg. 3. Heft. p. 212.

Das zweite Gesetz Seeliger's: Die Zahl der Sterne nimmt mit der Sterngrösse um so stärker zu, je näher die betrachtete Himmelsgegend der Milchstrasse ist, findet Kobold dagegen nicht bestätigt.

Der Veränderliche Mira im Walfisch ist vom August 1898 bis März 1899 vom Prof. A. A. Nijland in Utrecht in Bezug auf seinen Lichtwechsel beobachtet worden.[1] Die Beobachtungen geschahen mit einem Opernglase oder einem kleinen Sucher und bestanden in Schätzungen der Helligkeit gegen benachbarte Sterne. Der Veränderliche erreicht hiernach seine grösste Helligkeit am 4. Oktober, wobei er β im Widder übertraf, aber weniger hell war als α im Walfisch. Im Jahre 1897 traf das Maximum der Helligkeit am 26. November ein, so dass also die letzte Dauer der Periode 312 Tage beträgt.

Der veränderliche Stern vom Algoltypus BD + 12.3557°. Der Ort dieses Sternes ist (für 1855) Rektasz. $18^h\ 23^m\ 55.6^s$, Dekl. $+12^\circ\ 31.0'$. Die Veränderlichkeit schwankt zwischen 7.0 und 7.5 Grösse und wurde zuerst von Sawyer erkannt.[2] Derselbe gab als Dauer der Lichtperiode 0.89 Tag an. Seitdem ist der Stern von M. I. Luizet auf der Sternwarte zu Lyon an einem Augenglase mit fünffacher Vergrösserung beobachtet worden. Er findet die Helligkeit unverändert, während $17^h\ 28^m$, dann nimmt sie $1^h\ 58^m$ lang ab und $1^h\ 55^m$ hindurch zu, so dass die Dauer der Lichtschwankung $3^h\ 53^m$ beträgt. Die Periodendauer beträgt 0.8893 Tag $= 21^h\ 20^m\ 36^s$.

Ein neuer Veränderlicher im Schwan ist von Prof. F. Deichmüller angezeigt worden.[3] Es ist der Stern der Bonner Durchmusterung BD + 43° 3268, 9. Grösse, und sein Ort am Himmel (1855.0): $\alpha\ 19^h\ 26^m\ 37.0^s$, $\delta + 43^\circ\ 19.5'$. Näheres über den Lichtwechsel ist noch nicht bekannt.

Über neuere Veränderliche macht Dr. E. Hartwig Mitteilungen.[4] Der Ort von RZ Cygni für 1900 ist:

$$\alpha : 20^h\ 48^m\ 32^s,\ \delta + 46^\circ\ 58'\ 43''.$$

Die Periode lässt sich noch nicht bestimmt angeben, die Maxima können durch eine Periode von 280^d dargestellt werden. Vielleicht ist der Stern irregulär.

RS Virginis, $\alpha\ 14^h\ 22^m\ 16^s$, $\delta + 5^\circ\ 7'\ 38''$ (bis 1900), von Mrs. Fleming auf photographischen Platten entdeckt, scheint eine Periode von 354^d zu besitzen, doch mit grössern Schwankungen, wie solche auch die Maximalhelligkeiten (7.0 bis 8.3 Grösse) zeigen.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3576.
[2]) Astron. Nachr. No. 3527.
[3]) Astron. Nachr. No. 3544.
[4]) Astron. Nachr. No. 3553.

Die Lichtzunahme ist sehr rasch, der Lichtwechsel umfasst etwa fünf Grössenklassen.

RR Scorpii, α 16^h 50^m 16^s, δ — 30° 25′ 15″ (für 1900). Die Veränderlichkeit ist von Thome und Mrs. Fleming unabhängig entdeckt, von L Duncker auf der Arequipa-Station wegen heller Spektrallinien vermutet worden. Der Lichtwechsel umfasst fünf Grössenklassen.

W Monocerotis, α 6^h 47^m 30^s, δ — 7° 1′ 36″, ein sehr roter Stern des IV. Spektraltypus und von Espin als veränderlich gemutmasst. Die Periode ist nahe 262.5^d.

T Camelopardalis, α 4^h 30^m 21^s, δ + 65° 56′ 44″ (für 1900), ebenfalls sehr rot und von Espin aufgefunden. Die Periode ist etwas kürzer als ein Jahr.

T Draconis, α 17^h 54^m 52^s, δ + 58° 13′ 39″, ebenfalls sehr rot. Merkwürdig ist der überaus rasche Anstieg zur Maximalhelligkeit, während die Lichtabnahme Verzögerungen aufweist, deren Dauer in scheinbar periodischem Wechsel einen bis vier Monate beträgt. Die Periode schwankt zwischen 420^d und 453^d.

W Cancri, von Mr. Fleming entdeckt, α 9^h 4^m 3^s, δ + 25° 39′ 22″. Die Periode beträgt im Mittel etwa 380^d. Im Maximum am 19. Februar 1897 wurde der Stern fast dem blossen Auge sichtbar, während er in demjenigen von 1898 fast drei Grössenklassen schwächer blieb.

RU Herculis, von Dr. Th. Anderson entdeckt, α 16^h 6^m 3^s, δ + 25° 19′ 55″. Die Periode mag 492^d betragen, die Helligkeitsschwankungen umfassen fünf Grössenklassen.

V Andromedae, ebenfalls von Dr. Th. Anderson entdeckt, α 1^h 9^m 47^s, δ + 40° 11′ 24″. Die Periode ist etwas kürzer als ein Jahr.

RR Aquilae, α 19^h 52^m 25^s, δ — 2° 9′ 8″ (für 1900), von Espin wegen seiner Röte und seines Spektraltypus (III) für möglicherweise veränderlich erklärt. Die Periode scheint ein Jahr zu sein.

SS Cygni, α 21^h 38^m 46^s, δ + 43° 7′ 35″ (für 1900). Der ungewöhnliche Lichtwechsel dieses Sternes hat Ähnlichkeit mit dem von U Geminorum. Der Stern leuchtet nach längerer Konstanz plötzlich auf, nimmt innerhalb eines Tages um 2½ Grössenklassen zu und erreicht nach 3—6^d sein Maximum (4—4½ Grössenklassen heller als das Minimum), in dem er 3—7^d verweilt, um dann in 9^d auf die ursprüngliche Minimalhelligkeit zu sinken.

Der Veränderliche S Antliae besitzt eine Periode des Lichtwechsels von nur 7^h 46.8^m, die kürzeste von allen, mit Ausnahme einiger Veränderlichen in Sternhaufen. Der Veränderliche U Pegasi schien zwar eine noch kürzere Periode zu besitzen, indessen zeigten die genauern Messungen zu Cambridge, dass dieser Stern abwechselnd ein helleres und ein schwächeres Lichtminimum besitzt; sein wirklicher Lichtwechsel ist also ähnlich wie bei dem Veränderlichen β

in der Leyer, und die wahre Periode doppelt so gross als die zuerst angenommene.

Es schien deshalb von Interesse, den Lichtwechsel von S Antliae möglichst genau zu verfolgen, um festzustellen, ob dieser nicht vielleicht auch helle und schwache Minima zeige. Diese Untersuchungen hat Prof. Wendell ausgeführt und dadurch nachgewiesen, dass bei S Antliae keine solche Abwechselung stattfindet, er zeigt keine Lichtkurve, welche mit derjenigen von β Lyrae oder U Pegasi Ähnlichkeit hat, und die Dauer der Periode ist, wie oben angegeben, 7^h 46.8^m.[1])

Der Veränderliche BD + 30.591°, dessen Lichtwechsel von G. Müller und P. Kempf entdeckt worden[2]), und von dem dieselben damals konstatierten, dass seine Helligkeit seit mehrern Jahren in regelmässigem Abnehmen begriffen sei, ist, wie die Entdecker jetzt mitteilen,[3]) seit jener Zeit unerwartet schnell fast zu seiner ursprünglichen Helligkeit zurückgekehrt. Aus den Messungen, welche die Beobachter Müller und Kempf in der Zeit vom 13. August 1888 bis 17. März 1889 angestellt haben, finden sie folgende Mittelwerte derselben:

8. September 1898	. . . .	6.79 Grösse
6. Dezember 1898	. . . .	6.53 »
24. Februar 1889	. . . .	6.37 »

Der Stern hat hiernach in 169 Tagen um 0.42 Grössenklasse zugenommen, während er beim Abnehmen für denselben Betrag nicht weniger als 1200 Tage brauchte. Gemäss den Potsdamer Beobachtungen ist es ziemlich wahrscheinlich, dass die Dauer des ganzen Lichtwechsels $7^2/_8$ Jahre beträgt, wovon 6 Jahre auf die Lichtabnahme und $1^2/_8$ Jahre auf das Anwachsen entfallen. Der Umfang der Lichtänderung beträgt nur 0.6 Grössenklasse. Wie lange die Zeit des grössten Lichtes dauert, lässt sich noch nicht angeben; wahrscheinlich ist die Helligkeit von 1886—1891 konstant gewesen. »Unter den bisher bekannten Veränderlichen«, sagen die genannten beiden Beobachter, »hat der Stern kein Analogon. Der Verlauf der Lichtkurve ist zwar ein ähnlicher wie bei δ Cephei und einigen andern Sternen desselben Typus, er unterscheidet sich aber von diesen nicht nur durch die abnorme Länge der Dauer des Lichtwechsels, sondern vor allem auch durch das lange Verweilen des Sternes in der Maximalhelligkeit. Ein endgültiges Urteil über den Charakter der Veränderlichkeit wird man erst gewinnen können, wenn eine Wiederholung des jetzt von uns beobachteten Lichtwechsels erfolgt sein wird. Leider muss man darauf gefasst sein, dass dieses Ereignis sehr lange wird auf sich warten lassen.«

---

[1]) Harv. Coll. Obs., Circular No. 41.
[2]) Astron. Nachr. No. 3491.
[3]) a. a. O. No. 3577.

Die Veränderlichen U Vulpeculae und ST Cygni, welche auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam entdeckt worden sind, wurden von Prof. O. C. Wendell auf der Harvard-Sternwarte photometrisch beobachtet.[1] Die in Potsdam gefundene Lichtkurve wurde durch die neuen Beobachtungen bestätigt. Der erstgenannte Stern erreicht im Maximum 6.9 Grösse und sinkt im Minimum etwas unter 7.6 Grösse herab. Die Periode des Lichtwechsels ist 7.98 Tage. Der Veränderliche ST Cygni erreicht im Maximum 6.65 Grösse und sinkt im Minimum auf 7.38 Grösse; sein Lichtwechsel geht sehr regelmässig von statten, die Abnahme ist langsamer als die Lichtzunahme, und tritt das kleinste Licht etwa drei Tage nach dem Maximum ein, während die Dauer der ganzen Lichtperiode etwa 3.8 Tage beträgt.

Beobachtungen teleskopischer Veränderlicher sind aus dem Nachlasse von George Knott veröffentlicht worden.[2] Die Beobachtungen geschahen in den Jahren 1860—1894 und wurden mit einem $7\frac{1}{3}$zolligen Refraktor angestellt. Sie bestehen in Vergleichungen der Helligkeit des Veränderlichen mit benachbarten Sternen. Besonders häufig ist der merkwürdige Veränderliche U Geminorum beobachtet worden, über den Knott mit Baxendell, welcher den Stern nahezu gleichzeitig beobachtete, viel korrespondierte.

Ein neuer Veränderlicher des Algoltypus ist von Frau L. Ceraski in Moskau entdeckt worden.[3] Der Ort des Sternes am Himmel ist (1855): Rekt. $20^h\ 2^m\ 24.5^s$, Dekl. $+45^0\ 52.9'$. Der Stern ist 8.6 Grösse, die Periodendauer beträgt nahe $4^d\ 13^h\ 44^m$, die Zeitdauer der Veränderlichkeit 13^h, und der Stern wird im Minimum 2.5—3 Grössenklassen schwächer als seine normale Helligkeit.

Der neue Stern im Schützen.[4] Dieser Stern ist anfangs 1898 oder möglicherweise auch gegen Ende 1897 aufgetaucht. Er wurde von Madame Fleming bei der Untersuchung der in Arequipa aufgenommenen Photographien an seinem eigentümlichen Spektrum erkannt. Der genäherte Ort des Sternes (für 1900) ist in Rekt. $18^h\ 56.2^m$, Dekl. — $13^0\ 18'$. Er war zu schwach, um auf 87 Platten sichtbar zu sein, die vom 5. September 1888 bis 23. Oktober 1897 aufgenommen worden sind. Auf den letzten dieser Platten, die zu Arequipa mit dem Bruce-Teleskop erhalten wurden, erscheinen Sterne 15. Grösse, allein die Nova fehlt. Sie ist erst vorhanden auf acht Photographien aus dem März und April 1898. In der folgenden

---

[1]) Harv. Coll. Obs. Circular No. 41.

[2]) Observations of 23 Variable Stars by the late G. Knott edited by H. H. Turner. London 1899.

[3]) Astron. Nachr. No. 280. p. 236.

[4]) Harv. Coll. Obs. Circular No. 42.

Beschreibung wird zuerst die laufende Nummer der Platten, dann das Datum und die Zeitdauer der Exposition angegeben. Der Buchstabe B besagt, dass die Photographie mit dem 8-zölligen Bache-Teleskop zu Arequipa, J, dass sie mit dem 8-zölligen Draper-Teleskop zu Cambridge aufgenommen wurde. Die Helligkeitsgrössen sind nur beiläufig und durch Vergleich mit benachbarten Sternen gewonnen.

J 20428	1898	März 8.	Exposition:	13m,	4.7 Grösse
J 20500	1898	» 14.	»	13m,	5.0 »
J 20612	1898	April 3.	»	16m,	8 2 »
B 21251	1898	» 19.	»	60m,	8.2 »

Eine ausgezeichnete Photographie des Spektrums von 3 *mm* Länge zeigt die Wasserstofflinien Hβ, Hγ, Hδ, Hϵ, Hζ, Hη und vielleicht Hϑ hell. Ein breites Band von der Wellenlänge 4613 ist ebenfalls hell, und schmale helle Linien zeigen sich mit den Wellenlängen 4029, 4179, 4238, 4276, 4459, 4536. Diese Linien scheinen identisch zu sein mit den Linien im Spektrum des neuen Sternes, der vor einigen Jahren im Fuhrmann auftauchte. Eine gut markierte dunkle Linie erscheint bei 4060 Wellenlänge. Es ist bemerkenswert, dass bei dieser Nova ebenso wie bei den neuen Sternen in Perseus, Auriga, Norma und Carina die Linie Hϵ hell erscheint, während in den veränderlichen Sternen von langer Periode diese Linie stets dunkel ist, wahrscheinlich infolge Überdeckung durch die breite Calciumlinie H. Dies allein kann dazu dienen, zwischen einem neuen und einem veränderlichen Sterne zu unterscheiden. Dunkle Linien am Rande der hellen gegen die kleinern Wellenlängen hin, wie solche bei der Nova Aurigae, Normae und Carinae sichtbar waren, sind in dem Spektrum des neuen Sternes im Schützen nicht zu sehen. Auch die Linie K ist nicht sichtbar.

J 20738	1898	April 21.	Expositionsdauer	9m,	Grösse 8.6
B 21258	1898	» 21.	»	62m,	» 8.2

Das Spektrum ist ausserordentlich ähnlich dem Spektrum der Aufnahme (B 21 251) zwei Tage vorher, doch zeigt es einige bestimmte Abweichungen. Die breite dunkle Linie bei der Wellenlänge $\lambda = 4060$ ist verschwunden, und eine schmale helle Linie erscheint bei 5005, zweifellos identisch mit der Hauptnebellinie 5007. Die Wasserstofflinien erscheinen etwas schmaler und intensiver als auf den frühern Photographien, was für benachbarte Sterne in beiden Aufnahmen nicht der Fall ist.

B 21290	1898	April 26.	Expositionsdauer	10m,	Grösse 8.2
B 21319	1898	» 29.	»	10m,	» 8.4

Die Gegend der Nova ist noch auf zwei oder drei Photographien, die am 7. und 8. Oktober 1898 zu Arequipa gewonnen wurden, enthalten, doch sind diese noch nicht in Cambridge eingetroffen. Am Tage nach Entdeckung der Nova, 9. März 1899, wurde ein feines Bild derselben durch vorüberziehende Wolken erhalten, dasselbe zeigt ihre photographische Grösse $\frac{1}{2}$ Grössenklasse schwächer als wie der Stern — 13° 5193, 9.5 Grösse. Am Morgen des 13. März

bestimmte Prof. O. C. Wendell die Position der Nova für 1900 zu 18^h 56^m 12.2^s Rekt. und — 13° 18′ 16″ Dekl. und fand den Stern 1.52 Grösse schwächer als der Stern — 13° 5200, also 11.37 Grössen nach der photographischen Skala, sowie dass das Licht der Nova fast monochromatisch war mit einem schwachem kontinuierlichen Spektrum. Diese Nova scheint also, wie mehrere vorher sichtbar gewesenen, sich in einen Gasnebel verändert zu haben. Dieses wird auch angezeigt durch die helle Linie bei λ 5005, welche, wie oben erwähnt, in der Photographie des Spektrums vom 21. April 1898 erscheint.

Während der letzten vier Jahrhunderte sind 15 Sterne erschienen, die man gewöhnlich als neue Sterne (Novae) bezeichnet. Dieselben tauchten im allgemeinen nahe der Mittellinie der Milchstrasse auf, ihr mittlerer Abstand von derselben (ihre mittlere galaktische Breite) ist 11.2°, während bei gleichförmiger Verteilung am Himmel dieser Abstand 30° sein müsste. Die Region, deren galaktische Breite weniger als 30° beträgt, umfasst die Hälfte des Himmels. Von den neuen Sternen erschienen 14 innerhalb dieser Region und nur einer (Nova Coronae) ausserhalb derselben. Die Novae der Andromeda und des Centauren zeigten Spektra ohne helle Linien und unähnlich denjenigen der andern. Lässt man diese beiden Sterne fort, so ist die mittlere galaktische Breite der übrigen neuen Sterne 9.0°. Die galaktische Breite der Nova in der nördl. Krone beträgt 46.8°, und dieser Stern bietet die einzige Ausnahme von der Regel, dass alle Novae mit hellen Linien im Spektrum nahe der Zentrallinie der Milchstrasse auftauchten. Sieht man von diesem Sterne ebenfalls ab, so beträgt die durchschnittliche galaktische Breite der übrigen Novae 5.8°. Die einzigen Novae mit hellen Spektrallinien sind diejenigen, die in den Sternbildern: Corona, Cygnus, Perseus, Auriga, Norma, Carina und Sagittarius erschienen; mit Auslassung des ersten ist der durchschnittliche Abstand von der Mittellinie der Milchstrasse 4.6°. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Art der Verteilung lediglich zufällig sei, ist äusserst gering.

Über die Ursachen des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne gab A. Berberich eine Zusammenstellung der bisherigen Ansichten und eine Beleuchtung derselben durch die neuesten Beobachtungen.[1])

Man kann sich zunächst Sterne vorstellen, in deren Lichthülle so ausgedehnte Flecken auftreten, dass sie die Gesamthelligkeit des Sternes erheblich herabdrücken. »Da nun das Spektrum der III. Klasse dem Spektrum der Sonnenflecken verwandt erscheint, so liegt die Annahme nahe, dass in der That auf den Veränderlichen vom Miratypus grosse Flecken periodisch erscheinen und wieder verschwinden. Dass es sich beim Algol aber in Wirklichkeit um eine der Sonnenfinsternis analoge Verdeckung eines hellen Sternes durch einen sehr

---

[1]) Naturwissenschaftl. Rundschau 1899 No. 37 u. 38.

nahen, dunkeln Begleiter handle, wurde mit Bestimmtheit von H. C. Vogel spektroskopisch nachgewiesen. Der sichtbare Stern des Algolsystems durchläuft um den Schwerpunkt des letztern eine Bahn in gleicher Zeit, in der sich der Lichtwechsel abspielt; dies geht aus der variablen Verschiebung der Spektrallinien hervor, dem Zeichen der veränderlichen Eigenbewegung längs der Gesichtslinie. Das Minimum trifft auf den Moment, in welchem Algol hinter dem dunkeln Begleiter steht. Sind die Sterne eines solchen Systems beide leuchtend, dann werden im Verlaufe einer Periode zwei Verdeckungen eintreten, welche die ganze Periode in gleiche oder ungleiche Teile zerlegen, ersteres bei kreisförmigen und unter Ausnahmebedingungen bei elliptischen, letzteres nur bei elliptischen Bahnen der Komponenten. Nur wenn die Sterne eines Systems einander sehr nahe stehen, wird ihre gegenseitige Bedeckung merklich, auch wenn ihre Bahn schräg zur Sehrichtung liegt; es kann hier immer noch zu einer »partiellen« Verfinsterung kommen. Je weiter ein Begleiter aber vom Hauptsterne entfernt ist, desto enger muss sich seine Bahnebene an die Sehlinie anschmiegen, wenn er uns den Hauptstern noch verdecken soll. Bei grösserem Abstande ist die Umlaufszeit im allgemeinen länger. Algolveränderliche von langer Periode werden daher sehr selten sein, da nur ausnahmsweise die Bedingung erfüllt sein wird, dass die scheinbare Bahn des Begleiters genau durch den Hauptstern hindurchgeht, so dass dieser zeitweilig verfinstert werden kann.

Es giebt nun andere spektroskopische Doppelsterne von kurzer Umlaufszeit, wie Spica und β Aurigae, die keine Veränderlichkeit zeigen. Hier geht offenbar ein Stern neben dem andern vorbei, ohne ihn zu bedecken. Man hat noch zu beachten, dass bei so grosser Nähe zweier Sterne Ebbe und Flut in den Atmosphären eine grosse Rolle spielen müssen. Die Art von Ab- und Zunahme der Helligkeit beim Minimum ist unter Mitberücksichtigung von atmosphärischen Gezeiten besser zu erklären als ohne dieselben. Bei Spica machen sich solche nicht bemerkbar, sie können auch bei den Algolsternen nur einen sehr mässigen Betrag, weniger als eine Zehntelgrösse, erreichen. Ihre Wirkung ist so zu verstehen, dass in der Flutregion durch die vermehrte Höhe der Atmosphäre deren Absorption verstärkt und das Sternlicht geschwächt ist. Dass diese Schwächung bei den sehr einfach beschaffenen Sternen der I. Spektralklasse gering sein und hauptsächlich die wenigen dunkeln Linien im Spektrum betreffen wird, ist ebenfalls klar. Bei den Sternen vom II. Typus liegen die Verhältnisse schon bedeutend anders. Hier sind die Atmosphären viel dichter, und in ihrer Absorption überwiegen die Dämpfe von Metallen. Lokale Erhebungen und Druckvermehrungen werden deshalb auch einen wesentlich stärkern Einfluss auf die Helligkeit des betreffenden Sternes haben. Noch weiter müssen sich solche Einflüsse bei den Sternen der III. Spektralklasse mit ihren stark abgekühlten Atmosphären steigern.

Durch die photographischen Untersuchungen in Pulkowo und auf der Lick-Sternwarte wurden Linienverschiebungen bei den Spektren der Sterne δ Cephei, η Aquilae und andern von verwandtem Lichtwechsel erkannt. Diese Sterne müssen also nahe Begleiter besitzen. Über die Veränderungen im Spektrum von β Lyrae ist eine umfangreiche Litteratur entstanden, deren Ergebnis gleichfalls in dem Nachweise der Doppelsternnatur dieses Veränderlichen besteht. Die Lichtabnahme im Minimum rührt aber bei den Veränderlichen dieser Art nicht von der Verdeckung eines Sternes durch den andern her. Wenn nämlich eine Komponente vor der andern steht, dann muss die Richtung ihrer Bewegung senkrecht zur Sehlinie stehen; einen Viertelumlauf früher oder später findet die rascheste Annäherung (oder Entfernungszunahme) statt. Die Linienverschiebungen werden bei der ersten Stellung verschwinden (nach Abzug der Bewegung des ganzen Sternsystems), bei den andern Stellungen werden sie ihr Maximum erreichen. In Wirklichkeit hat die Berechnung der Bahnen dieser eigentümlichen Doppelsterne zu dem unerwarteten Resultate geführt, dass die Minima eintreten, wenn der eine Stern weit seitlich vom andern steht, und dass umgekehrt die Zeiten des Maximums und der geometrischen Bedeckung nahe zusammenfallen. Der Widerspruch scheint sich indessen aufzuklären, wenn man die atmosphärischen Gezeiten auf den beiden Sternen des betreffenden Systems berücksichtigt, die wegen der Nähe der Sterne gewaltige Dimensionen annehmen müssen. Die Erfahrung an den irdischen Gezeiten lehrt — übereinstimmend mit der Theorie —, dass im allgemeinen der Moment des Durchganges des Mondes durch den Meridian eines Ortes keineswegs der Zeitpunkt der höchsten Flut ist, dass er sogar häufig mit der Ebbe zusammentrifft. Erscheint uns daher ein Veränderlicher des β Lyraetypus in verminderter Helligkeit, indem der erhöhte und verdichtete »Flutberg« seiner Atmosphäre uns direkt zugewendet ist, dann kann sehr wohl der fluterzeugende Begleiter noch seitlich vom Hauptsterne stehen. Es braucht überhaupt dessen Bahn nicht vor dem Hauptsterne direkt vorbeizuführen, damit Lichtminima vorkommen können. Hier zeigt sich unmittelbar der Unterschied zwischen diesem Typus der Veränderlichen und dem Algoltypus — dort bewirken Gezeiten den Lichtwechsel, hier liegt eine thatsächliche Verfinsterung vor. Würde etwa der enge Doppelstern Spica von der I. zur II. Spektralklasse übergehen (infolge fortdauernder Abkühlung), wobei seine Atmosphäre dichter und kühler würde, dann würden sich wohl bei diesem jetzt unveränderlichen Sterne ebenfalls Lichtschwankungen geltend machen, deren Ursache in der Ebbe und Flut in der Atmosphäre zu suchen wäre.

Bei der starken Absorption in den kühlen Gas- und Dampfhüllen der Sterne des Miratypus (III. Spektralklasse), in denen sich anscheinend schon chemische Verbindungen bilden konnten, wird, wie J. Wilsing gezeigt hat, eine Lichtabnahme um eine Grössen-

klasse bereits durch eine geringe Erhöhung der Atmosphäre erzeugt. Sind also vielleicht auch diese Sterne enge Doppelsterne ähnlich denen der beiden oben behandelten Typen von Veränderlichen?

Einer Bejahung dieser Frage stehen wesentliche Bedenken entgegen. Wenn es unter den Sternen der III. Spektralklasse ebenso enge Doppelsterne gäbe wie beim Algoltypus, der sich ausschliesslich aus der I. Spektralklasse rekrutiert, warum kommt hier nicht auch kurzperiodische Veränderlichkeit durch Verfinsterungen zustande? Warum sind überhaupt die Perioden des Lichtwechsels so grossen Schwankungen unterworfen oder gar nicht nachzuweisen, während sie bei den vorangehenden Typen mit der Umlaufsperiode der Komponenten genau übereinstimmen? Und wenn trotzdem ihre Perioden in einem aus unbekannten Gründen entstellten Zusammenhange mit der Umlaufszeit eines etwaigen Begleiters ständen, wie erklärt es sich da, dass durchschnittlich die am tiefsten rot gefärbten Sterne Begleiter mit den grössten Umlaufszeiten haben? Lange Umlaufszeit kann allerdings die Folge einer geringen Masse des Sternes sein, und ein solch kleiner Stern könnte sich rascher abgekühlt haben als ein grosser. Dann müsste er aber, um noch sichtbar zu sein, uns verhältnismässig nahe stehen, und diese Folgerung wird durch die Beobachtung (Eigenbewegungen, Parallaxen) durchaus nicht bestätigt. Ferner liegt keinerlei Grund für die Annahme vor, dass die grossen und die kleinen Sterne ihren Entwickelungsgang gleichzeitig begonnen hätten.

Für die Gezeitentheorie ist der Satz von grosser Wichtigkeit, dass die Flutwelle sich im Meere um so schneller fortpflanzt, je tiefer die Wasserschicht ist. Bei den Sternen der III. Spektralklasse müssten wir eine dichte, aber wenig hohe Atmosphäre annehmen. Diese Höhe verringert sich immer mehr, je weiter die Sterne vom II. (gelben) Typus entfernt sind, und je näher sie dem Zeitpunkte des Erlöschens stehen, also je mehr sich ihre rötliche Färbung verstärkt. Ist nun einmal durch eine beliebige Ursache eine Flutwelle in der Atmosphäre eines solchen Sternes erzeugt, so wird sie den Stern umlaufen, und zwar mit um so geringerer Geschwindigkeit, je niedriger die Atmosphäre ist. Sind die Massen und Grössen der Sterne nicht allzu sehr verschieden, dann wird die Umlaufsdauer der Flutwelle, also auch die Periode des Lichtwechsels, in einer dem Chandler'schen Gesetze entsprechenden Beziehung zur Färbung der Sterne stehen. Die Ursache der Flut kann sich in ganz anderer Periode wiederholen. Ein in stark exzentrischer Bahn an dem Sterne nahe vorbeilaufender Begleiter von vieljähriger Umlaufszeit könnte sehr wohl eine etwa einjährige Lichtwechselperiode hervorrufen. Diese braucht nicht mit dem Umlaufe des Begleiters kommensurabel zu sein. Bei jeder Rückkehr des letztern würde ein neues Flutwellensystem erzeugt, das sich mit den ältern, im Laufe der Zeit abgeschwächten Systemen in mannigfacher Weise kombinieren kann.

Selbstverständlich werden sich bei einem solchen Systeme keine Linienverschiebungen zeigen, die wie beim Algol- oder δ Cepheitypus der Lichtwechselperiode parallel verlaufen. Campbell hat die Bewegung von Mira Ceti längs der Sehrichtung als unveränderlich nachgewiesen für über ein Viertel der Periode. Ein naher Begleiter ist demnach gewiss nicht vorhanden.

Dürfte man Gaseruptionen aus dem Sterninnern als Ursache der Flutbildung ansehen, dann wäre die Voraussetzung eines Begleiters überhaupt nicht nötig. Dass sich solche Eruptionen einigermassen periodisch wiederholen können, erkennen wir an den Geysirerscheinungen auf der Erde. Überdies könnte sich die Eruptionsperiode der Flutperiode anschliessen, da die Wiederkehr des verminderten Atmosphärendruckes an der ersten Ausbruchsstelle einen wiederholten Ausbruch begünstigen könnte. Dass solche Vorgänge an bestimmte Stellen der Oberfläche eines Sternes gebunden sein können, möchte man aus Wolfer's Wahrnehmungen an der Sonne schliessen, auf der sich ebenfalls gewisse Gegenden durch langandauernde Thätigkeit (Fleckenbildung) auszeichnen.

Die Attraktion eines äussern Körpers, der dem Mirasterne nahe kam, als Ursache eines Gasausbruches anzunehmen, liegt kein Grund vor. Eine solche Eruption mag sich im Innern eines Sternes vorbereiten; ihr Eintritt würde zwar durch die Anziehung des fremden Gestirnes erleichtert werden, er wird aber nicht erfolgen, wenn nicht das eingeschlossene Gas die nötige Spannung zur Überwindung des allerdings verminderten Druckes erreicht hat. Letzteres ist die Hauptbedingung. Sie kann erfüllt sein lange, ehe jenes Gestirn in die grösste Nähe gekommen ist, oder auch lange nach dieser Zeit; schliesslich genügt die kleinste Kraft, die Katastrophe hervorzurufen. Auch unser Mond soll ja in gewissen Stellungen, z. B. in der Erdnähe, »kritische Zeiten«, Erdbeben, Vulkanausbrüche, Gewitter u. s. w. bedingen; die Kritik der kritischen Tage hat aber gezeigt, wie wertlos diese Theorie ist, die auf einem groben Denkfehler beruht, auf der Verwechselung der Begriffe Kraft und Arbeit.

Wir sehen also, dass die Veränderlichkeit beim Algoltypus sich aus der Verdeckung eines Sternes durch einen sehr nahen Begleiter erklärt, wobei sich noch spurweise eine von Gezeiten der Sternatmosphären bewirkte Lichtänderung bemerkbar macht. Beim Typus δ Cephei und β Lyrae sind es diese Gezeiten fast ausschliesslich, die den Lichtwechsel bedingen und sich selbst noch genau an die Perioden halten, in denen sich ein Umlauf dieser gleichfalls sehr enge Doppelsterne bildenden Weltkörper vollzieht. Weite Doppelsterne werden sich kaum als Veränderliche darstellen, weil einmal eine gegenseitige Verdeckung die grösste Seltenheit wäre, und weil die Gezeiten wegen des grossen Abstandes der Sterne nur gering sind. Dagegen könnte bei sehr stark exzentrischen Bahnen eine Komponente auf der andern zur Zeit des Periastrums eine Gezeitenbewegung hervorrufen, die noch längere Zeit ihr Spiel fortsetzt und

bei jedem folgenden Periastrum neu belebt wird. Bei Sternen vom ersten und zweiten Spektraltypus wird eine aus solchen Gezeiten stammende Veränderlichkeit nur wenig auffallen; die Atmosphären üben nur geringe Absorption aus, die sich nicht viel vermehrt, wenn die Höhe der Atmosphäre sich vergrössert. Anders bei Sternen vom dritten Typus, bei denen die Flutregion das von der Sternoberfläche ausgestrahlte Licht in weit höherem Grade dämpfen wird als die Region der Atmosphärenebbe. Die Lichtwechselperioden richten sich, nach dieser Gezeitentheorie, einfach nach der Tiefe der Atmosphären, sie müssen zunehmen von den weissgelben Sternen mit noch hohen, zu den roten Sternen mit niedrigen Atmosphären, einen mittlern Umfang der Sterne vorausgesetzt. Bei den letztgenannten Sternen des Miratypus braucht nicht notwendig ein äusserer Stern die Flut hervorzurufen. Lange unterdrückte und dann um so heftiger auftretende Protuberanzen oder Gasausbrüche können die Ursache bilden.

In diesen Betrachtungen haben wir uns an H. C. Vogel's Einteilung der Spektralklassen gehalten. J. N. Lockyer hat ein anderes System für die Sternspektra aufgestellt und darin die Mirasterne als in Entstehung begriffene, mehrfache Sterne erklärt. Die Komponenten seien Meteoritenwolken; in ihren exzentrischen Bahnen kommen sie einander periodisch so nahe, dass sie sich teilweise durchkreuzen, wobei Kollisionen der einzelnen Meteoriten das Aufleuchten hervorbringen. Bei den langsam laufenden Schwärmen sind die Zusammenstösse schwach und erzeugen nur Rotglut, bei den rasch bewegten, kurzperiodischen bewirken die viel heftigern Kollisionen die Weissglut Die Beweise für diese sehr schmiegsame, vielfach interessante Theorie erscheinen jedoch zu willkürlich und haben im Laufe der Jahre immer wieder durch neue ersetzt werden müssen, da die alten sich den bessern Beobachtungen gegenüber nicht als stichhaltig bewährten.

Die Thatsache, dass es unter den Sternen der III. Spektralklasse keine Veränderlichen vom Algoltypus giebt, harrt noch der Aufklärung. G. H. Darwin und T. J. J. See haben aus der mathematischen Theorie von Ebbe und Flut gefolgert, dass sich wegen der gegenseitigen Einwirkung der Gezeiten zwei gasförmige Sterne voneinander immer weiter entfernen müssen, wobei die Bahnen immer elliptischer werden. Aus einem engen Algolsysteme würde auf diese Art allerdings ein Mirasystem sich entwickeln können, indem gleichzeitig mit der Erweiterung der Bahnen die Sterne vom I. zum III. Typus übergehen. Man könnte aber auch gerade das Gegenteil vermuten, wenigstens bei den Sternen vom Algol- und β Lyrae- oder δ Cepheitypus. Die Spektralbeobachtungen und andere Gründe deuten darauf hin, dass eine gemeinsame Gashülle die Glieder solcher Systeme umschliesst. Hier kann nun auch eine Bewegungshemmung stattfinden, die zuletzt zu einer Vereinigung der beiden Komponenten führen kann. Vielleicht haben sich in dem sich verdichtenden Gasnebel einzelne kleinere Körper gebildet, die

sich nach und nach zu einer grossen Sonne vereinigen. Merkwürdig ist die kleine Masse, die für Algol gefunden wurde ($^6/_9$ der Sonnenmasse); sie stellt vielleicht nur einen geringen Teil der das vollständige System ausmachenden, noch wenig kondensierten Masse dar.«

Sauerstoff und Stickstoff in den Atmosphären einiger Fixsterne. William Huggins macht[1]) einige vorläufige Mitteilungen über seine Beobachtungen, gemäss welchen bei einigen Sternen, deren Spektra Heliumlinien zeigen, auch Linien des Sauerstoffs und Stickstoffs vorhanden sind. In der Spektralregion bei K zeigen die Spektra von Rigel und β Lyrae etwa zehn Linien, die nach Lage und Intensität mit solchen Linien übereinstimmen, die Neovius als dem Sauerstoff angehörig nachgewiesen hat. Ebenso zeigen Bellatrix und Rigel, sowie einige andere Sterne, nur dunkle Linien, deren Position mit derjenigen der stärksten Stickstofflinien (λ 3995) übereinstimmt, im Spektrum von Bellatrix zeigen sich auch noch einige andere Stickstofflinien. Huggins hält hiernach die Anwesenheit von Sauerstoff und Stickstoff auf diesen Sternen für äusserst wahrscheinlich. Bezüglich des Sauerstoffs ist D. Gill durch spektrographische Aufnahmen mittels des neuen photographischen Refraktors der Capsternwarte, zu gleichen Ergebnissen bei β Crucis gelangt.[2]) Er findet in dessen Spektrum nicht nur Linien des Wasserstoffs Heliums und Sauerstoffs, sondern auch eine Kohlenlinie (λ 4267.2) und eine Magnesiumlinie (λ 4481.17). Ferner betont Gill, dass die Spektra von β Crucis, β und ε Canis majoris und wahrscheinlich auch von β Centauri praktisch völlig identisch sind.

Die Deutung des typischen Spektrums der neuen Sterne ist von Prof. J. Wilsing auf Grund eigener, neuer Beobachtungen behandelt worden.[3]) Dieser Abhandlung ist folgendes entnommen:

»Die auffallendste Erscheinung im Spektrum der Nova Aurigae (1892) bot das Auftreten von Linienpaaren, welche je aus einer hellen Linie und einer an der brechbarern Kante derselben gelegenen Absorptionslinie bestanden. Bei der vielfachen, erfolgreichen Anwendung, welche das Doppler-sche Prinzip auf astronomische Probleme gerade in dieser Zeit gefunden hatte, lag es nahe, die relative Verschiebung der beiden Komponenten durch entsprechende Bewegungen im Visionsradius zu deuten, und so basieren denn auch die sämtlichen damals aufgestellten Hypothesen über die Natur der neuen Sterne auf der Anwendung des Doppler'schen Prinzips. Grosse Schwierigkeiten bereiteten aber hierbei die resultierenden ausserordentlich starken relativen Geschwindigkeiten im Visionsradius von 150 bis 200 geographischen Meilen, und die damals schon vorhandenen Bedenken, ob das Doppler'sche Prinzip zur Erklärung des Doppelspektrums der Nova Aurigae zulässig sei, wuchsen immer mehr an, als während mehrerer Monate keine merklichen Änderungen der relativen Lage der Doppellinien wahrgenommen werden konnten, besonders aber, als auch im Spektrum der Nova Normae (1893) die Komponenten der auch im Spektrum

[1]) Astron. Nachr. No. 3565. 3583.
[2]) Astrophysical Journal 10. p. 272.
[3]) Sitzb. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. in Berlin 1899. S. 426.

dieses Sternes paarweise auftretenden hellen und dunklen Linien in demselben Sinne gegeneinander verschoben waren wie bei der Nova Aurigae. Da nun weiter noch zwei andere Objekte, *β* Lyrae und P Cygni (die Nova von 1600), bei ersterem noch vermischt mit Linienverschiebungen, die sich mit Anwendung des Doppler'schen Prinzips auf Bahnbewegung zurückführen lassen, das typische Spektrum der neuen Sterne, ebenfalls mit der gleichen Lage der Komponenten der Doppellinien, zeigten, erschien ein zufälliges Auftreten der Verschiebungen in dem gleichen Sinne höchst unwahrscheinlich, und es mussten nunmehr die Bemühungen darauf gerichtet werden, eine andere Erklärung für dieselben zu finden.

Über Änderungen der Wellenlängen der Spektrallinien, die nicht auf Bewegung zurückgeführt werden können, liegen Beobachtungen verschiedener Art vor. Zunächst treten bei den fluoreszierenden Substanzen Änderungen der Wellenlängen auf, insofern die hellen Bänder meist weniger brechbar sind als die entsprechenden Absorptionsstreifen und sich bei verschiedener Konzentration im Spektrum verschieben. Dies gilt als Regel nach E. Wiedemann und G. C. Schmidt für alle Lumineszenzerscheinungen, bei welchen die Lichtentwickelung bei niedriger Temperatur stattfindet.

Aber auch innerhalb des Gültigkeitsgebietes des Kirchhoff'schen Gesetzes lassen sich Doppelspektra durch Schichtung verschieden heisser Gasmassen erzeugen. Nach den bolometrischen Messungen Paschen's verschieben sich die Emissionsbänder der Kohlensäure mit zunehmender Temperatur nach Rot. Befanden sich die heissen Gase zwischen dem Spalte des Spektroskops und einer Lichtquelle, welche ein kontinuierliches Spektrum von geringerer Intensität gab, so absorbierte die der Luft beigemischte kühlere Kohlensäure auf dem Wege vom Spalte zum Bolometer aus dem kontinuierlichen Spektrum einen Strahlenkomplex, der an der brechbarern Kante des Emissionsbandes der erhitzten Kohlensäure lag.

Von besonderer Wichtigkeit für die physikalische Erklärung der Doppelspektra sind aber die Untersuchungen von W. J. Humphreys und J. F. Mohler, welche zuerst im optischen und ultravioletten Teile des Bogenspektrums der Metalle geringe Linienverschiebungen bemerkten, als sie den Druck in dem den Lichtbogen einschliessenden Behälter bis auf zwölf Atmosphären steigerten. Die Linien wanderten mit wachsendem Drucke stets nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums, und es ergab sich, dass der Betrag der Verschiebungen im allgemeinen dem Drucke und der Wellenlänge der betreffenden Linie proportional war, aber für Linien verschiedener Metalle und für verschiedene Serien von Linien desselben Metalls variierte. Allerdings erreichte die Zunahme der Wellenlänge für zwölf Atmosphären Druck bei den meisten Metallen kaum 0.005 $\mu\mu$, so dass die Anwendung sehr kräftiger Zerstreuung zur Feststellung einer so geringen Verschiebung erforderlich war.

Grössere Verschiebungen, gleichfalls im Sinne der wachsenden Wellenlängen, fanden Eder und Valenta im Spektrum des Argons und Schwefels bei Erhöhung des Druckes und bei Anwendung des Flaschenfunkens. Die Verschiebungen der Schwefellinien betrugen hier etwa 0.05 $\mu\mu$, diejenigen der Argonlinien erreichten in einzelnen Fällen sogar 0.1 $\mu\mu$ und waren mit starker Verbreiterung und Verwaschenheit verbunden.

Ebert führte die kleinen Linienverschiebungen (durchschnittlich 0.4 $\mu\mu$), welche er im Flammenspektrum leicht flüchtiger Metallsalze bei Vermehrung der Dampfmenge beobachtete, auf unsymmetrische Verbreiterung der Linien nach dem roten Ende des Spektrums zurück. Ebenso bemerkt Gouy Verschiebungen bestimmter Linien im Spektrum des Natriums und Schwefels, welche er im elektrischen Bogen verdampfte. Indessen wird man auch hier die Möglichkeit einer Drucksteigerung infolge heftiger Verdampfung nicht ausschliessen können.

Durch die zuletzt angeführten Beobachtungen ist die Richtung, in welcher die Versuche zur Erzeugung von Linienverschiebungen ohne Bewegung im Visionsradius und eventuell zur Herstellung von Doppelspektren

sich zu bewegen haben, angegeben; es handelt sich nun aber darum, die Grösse der Verschiebung zu steigern, so dass sie von gleicher Ordnung wird wie diejenige in dem Doppelspektrum der Nova Aurigae, bei welchem die relative Verschiebung der hellen und dunklen Linien 1 $\mu\mu$ bis 2 $\mu\mu$ betrug.

Nach den Beobachtungen von Humphreys und Mohler muss sich dies durch fortgesetzte Drucksteigerung bis auf einige Hundert Atmosphären erreichen lassen. Um die mit einer so bedeutenden Drucksteigerung verbundenen experimentellen Schwierigkeiten zu umgehen, kam ich auf den Gedanken, die Spektra von Funkenentladungen in Flüssigkeiten zu untersuchen, da bekanntlich in diesem Falle sehr starke Spannungen auftreten.

Bereits Masson hat die Spektra der Flaschenentladung und des Lichtbogens in verschiedenen Flüssigkeiten untersucht, doch nur im Bogenspektrum bei Anwendung metallischer Elektroden helle Linien gefunden. Später haben Planté, Righi, Slouguinoff u. a. die Lichterscheinungen, welche die Entladungen in Flüssigkeiten begleiten, beobachtet, ohne auf das Spektrum derselben einzugehen. Dagegen hat Colley im Spektrum des Lichtbogens, welcher zwischen Platin- und Silberelektroden in Lösungen von Natrium- und Lithiumsalzen überging, ausser den Wasserstofflinien einige den letztern Metallen eigentümliche Linien und auch eine Reihe von Platinlinien gefunden. Ebenso haben Liveing und Dewar im Spektrum der Funkenentladung in flüssigen Gasen und in Wasser von den Platinelektroden herrührende Linien beobachtet. Eine genauere Untersuchung der Linien nach Lage und Aussehen ist jedoch bisher nicht ausgeführt worden.«

»Bei meinen Versuchen bediente ich mich eines grössern Induktoriums, in dessen sekundäre Leitung ausser der Batterie eine Funkenstrecke vor den Elektroden in bekannter Weise eingeschaltet war. Beim Übergange jedes Funkens zeigte sich dann zwischen den Elektroden im Wasser eine blendend helle Entladung, welche ein sehr intensives, von matten Linien durchzogenes, kontinuierliches Spektrum gab. Da die direkte Messung der Linien durch die Helligkeit des kontinuierlichen Hintergrundes und durch das von der Unregelmässigkeit der Entladungen herrührende Flattern des Spektrums erschwert wurde, so habe ich mit Hilfe eines Spektrographen die Entladungsspektra in Wasser und Luft auf derselben Platte aufgenommen, so dass eine bequeme und sichere Bestimmung der relativen Lage der Liniensysteme beider Spektra möglich wurde Die Länge des prismatischen Spektrums zwischen den Wellenlängen 480 $\mu\mu$ und 360 $\mu\mu$ betrug etwa 50 *mm*, und es konnten die Wellenlängen bei schärfer begrenzten Linien bis auf wenige Tausendstel $\mu\mu$ sicher bestimmt werden. Ausserdem hatten die Herren Prof. Lohse und Dr. Hartmann die Gefälligkeit, mit einem stärker zerstreuenden Gitterspektrographen und mit einem grössern Prismenspektrographen einige Aufnahmen zu machen.

Ich habe die Spektra von Eisen, Nickel, Platin, Kupfer, Zinn, Zink, Kadmium, Blei und Silber bei Entladung in Wasser untersucht. Im Spektrum des Eisens treten zahlreiche, aus einer hellen und einer dunklen Linie bestehende Linienpaare auf, deren helle Komponenten beträchtlich nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums verschoben sind, während die Absorptionslinien nur in einzelnen Fällen eine merkliche Verschiebung nach Rot erleiden. In einigen der hellen Linien lassen sich auch feine Intensitätsmaxima erkennen. Ausserdem finden sich noch alleinstehende helle Linien, welche gleichfalls merklich nach Rot verschoben sind. Die Linien sind ziemlich matt und an der weniger brechbaren Kante unscharf.«

Prof. Wilsing giebt eine Tabelle der Wellenlängen der Linien, deren Verschiebung gemessen ist, bezüglich deren auf die Originalabhandlung hier zu verweisen ist. Er fährt dann fort:

»In den auf die beschriebene Weise erzeugten Metallspektren kommen nun Linienverschiebungen und Doppellinien vor, welche denjenigen im

Spektrum der Nova Aurigae in jeder Beziehung ähnlich sind. Auch im Sternspektrum war die Mitte der stark verbreiterten, nach Violett scharf begrenzten und nach Rot verwaschenen hellen Linien beträchtlich nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums verschoben. Zuweilen traten in den hellen Linien des Sternspektrums ziemlich scharfe Intensitätsmaxima auf, wie sie in einigen Fällen auch in den künstlichen Spektren beobachtet wurden. Man kann sich daher das Sternspektrum durch Überlagerung des Absorptionsspektrums, wie es geringem Dampfdrucke entspricht, in der Weise entstanden denken, dass die dunklen Linien durch die hellen, stark verbreiterten und verschobenen Linien teilweise aufgehellt wurden und dadurch eine scheinbare Verschiebung nach Violett erlitten.

Die Beobachtung, dass im Spektrum der Nova die Duplizität besonders bei den Wasserstofflinien deutlich hervortrat, steht nicht im Widerspruche mit der Annahme, dass die leuchtenden Gase in der Photosphäre unter beträchtlichem Drucke standen, da sich aus einer grössern Versuchsreihe, über welche ich an anderer Stelle eingehend berichten werde, ergab, dass das Wasserstoffspektrum nur dann mit zunehmendem Drucke durch Linienverbreiterung kontinuierlich wird, wenn zugleich, wie es bei unveränderter Entfernung der Elektroden in Geissler'schen Röhren der Fall ist, Potential und Temperatur der Entladung zunimmt. Wenn aber bei genügender Verringerung des Abstandes der Elektroden der Induktionsstrom ohne Flasche durch die Röhre geht, so erscheint zwischen den Elektroden weisses Glimmlicht, welches noch bei atmosphärischem Drucke die Linien des Wasserstoffspektrums mit derselben Schärfe zeigt wie bei einem Drucke von wenigen Millimetern. Die Annahme, dass die Wasserstofflinien bei Drucksteigerung ähnliche Verschiebungen erleiden wie die Metall- und Argonlinien, dürfte daher nicht unzulässig sein, und ich hoffe, in nächster Zeit darauf bezügliche Versuche anstellen zu können. Mit Rücksicht auf die Neigung der Wasserstofflinien, sich mit wachsendem Drucke zu verbreitern, muss man aber annehmen, dass die Temperatur in der Photosphäre der Nova eine verhältnismässig niedrige gewesen ist.

Bei der grossen Genauigkeit, welche gegenwärtig die Messung der Linienverschiebungen in Sternspektren zum Zwecke der Bewegungsbestimmung erreicht hat, können die Änderungen der Wellenlängen durch Druck nicht mehr vernachlässigt werden, bei der Vergleichung der Wellenlängen des Rowlandschen Sonnenspektrums mit den Wellenlängen der entsprechenden Metalllinien hat Jewell allerdings nur eine relative Verschiebung beider Systeme von 0.001 $\mu\mu$ bis 0.002 $\mu\mu$ gefunden die einem Drucke von wenigen Atmosphären entspricht, und es wird der Druck in der Photosphäre der Sterne im allgemeinen kaum höher anzunehmen sein. Sollen aber Grössen dieser Ordnung bei Messungen der Geschwindigkeit, deren Genauigkeit innerhalb eines Kilometers gelegen ist, berücksichtigt werden, so braucht nur der allein vom Drucke in der Photosphäre abhängige Unterschied der Verschiebungen für zwei Linien bestimmt zu werden, deren Verschiebungen für eine Druckzunahme von einer Atmosphäre bekannt sind.«

Über denselben Gegenstand hat J. Wilsing sich später auch in den astron. Nachrichten verbreitet.[1]) »Im Spektrum der Nova Aurigae (1892) fielen besonders zahlreiche Doppellinien auf, welche je aus einer hellen Linie und einer an der brechbarern Kante derselben gelegenen Absorptionslinie bestanden. Diese Duplizität war bei den Wasserstofflinien besonders deutlich sichtbar, zeigte sich aber auch bei zahlreichen andern Linien. Ein ganz ähnliches Doppelspektrum besitzt P Cygni, die Nova von 1600, und auch im

[1]) Astron. Nachr. No. 3603.

Spektrum der Nova Normae (1893) liess sich die gleiche Verdoppelung der Wasserstofflinien erkennen. Ferner darf man mit Berücksichtigung gewisser, durch mechanische Bewegung verursachter Modifikationen vielleicht auch das Spektrum von β Lyrae dem Typus der Doppelspektra zurechnen. Die Erklärung dieser Spektra durch Annahme eines Doppelsternsystems mit Hilfe des Doppler'schen Prinzipes führte bald auf Schwierigkeiten, welche in dem aussergewöhnlich grossen Betrage der relativen Verschiebung beider Liniensysteme und in der scheinbaren Unveränderlichkeit dieser Verschiebung ihren Grund hatten. Die Annahme, dass sich zwei Körper mit der konstanten Geschwindigkeit von 150—200 geographischen Meilen im Visionsradius bewegen, würde nur bei einem optischen Doppelsterne denkbar sein, während der ganze Verlauf der Erscheinung auf einen physikalischen Zusammenhang hinweist.« Als Ausgangspunkt für diese physikalische Erklärung boten sich die Untersuchungen von Dr. Wilsing, W. J. Humphreys und J. F. Mohler, welchen es gelang, im Bogenspektrum der Metalle kleine Linienverschiebungen nachzuweisen, als sie den Druck in dem die Elektroden einschliessenden Behälter auf 12 Atmosphären steigerten. Es zeigte sich, dass die Metalllinien mit wachsendem Drucke stets nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums wanderten, und der Betrag der Verschiebung war bei verschiedenen Metallen für die gleiche Druckänderung merklich verschieden. Eine ähnliche Zunahme der Wellenlängen haben Eder und Valenta bei einzelnen Linien im Spektrum des Argons und Schwefels gefunden. Dennoch konnten, obgleich bei den angeführten Versuchen die Richtung der Verschiebung die gleiche war, wie diejenige der hellen Linien im Spektrum der Nova, beide Erscheinungen kaum verglichen werden, so lange die Grösse der Verschiebungen von verschiedener Ordnung blieb. Während die Änderung der Wellenlängen der Metalllinien für eine Druckzunahme von 12 Atmosphären durchschnittlich kaum 0.005 $\mu\mu$ betrug, belief sich die Verschiebung bei den Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ nach den Messungen von Vogel auf $+0.85$ $\mu\mu$ resp. $+0.44$ $\mu\mu$, und diese Linien hatten zugleich eine Breite von 2.28 $\mu\mu$ und 1.49 $\mu\mu$. Es musste daher noch festgestellt werden, ob beide Erscheinungen bei weiterer Steigerung des Druckes in der Umgebung der leuchtenden Moleküle auch quantitativ vergleichbar werden würden. Nun gelang es Wilsing in Metallspektren sehr beträchtliche Linienverschiebungen und Verbreiterungen hervorzubringen, als er den Flaschenfunken zwischen Metallelektroden in Flüssigkeiten überschlagen liess. Dass der Druck im Funken bei Übergang desselben in Gasen bereits beträchtliche Werte erreicht, haben neuere Versuche von Haschek und Mache gezeigt, bei welchen die Druckzunahme beim Übergange des Funkens in einem geschlossenen Gefässe direkt manometrisch bestimmt wurde. Unter einem erheblich grössern Drucke dürften sich aber die Metalldämpfe im Augenblicke ihrer Entstehung befinden, wenn die Elektroden in Flüssigkeiten tauchen. In der That gelangt

man durch Vergleichung mit den Messungsergebnissen von Humphreys und Mohler in diesem Falle zu Werten, welche mehrere hundert Atmosphären erreichen. Während die Verschiebungen auch bei Wilsing's Versuchen stets im Sinne der wachsenden Wellenlängen erfolgten, war ihre Grösse, gleichfalls übereinstimmend mit jenen Ergebnissen, bei den leichter schmelzbaren Metallen Kadmium, Zink, Zinn, Kupfer beträchtlich grösser als bei Nickel, Eisen und Platin. Zugleich waren bei einzelnen Metallen, wie Kadmium, Zink, Kupfer, die meisten Linien in breite Bänder auseinander gezogen, deren brechbarere Kanten teilweise noch ausserhalb der entsprechenden Metalllinien im normalen Spektrum lagen. So war die brechbarere Kante der hellen Zinklinie λ 472.226 $\mu\mu$ um $+$ 0.143 $\mu\mu$ nach Rot verschoben, und die Breite des entsprechenden hellen Bandes betrug 1.177 $\mu\mu$. Ausserdem lagen aber in zahlreichen Fällen dunkle Absorptionslinien an der brechbarern Kante der hellen Linien, welche im allgemeinen mit den Linien im normalen Spektrum koinzidierten und nur in einzelnen Fällen, besonders deutlich bei der Zinklinie λ 481.071 $\mu\mu$, gleichfalls verschoben waren. Der Anblick der hellen Bänder war auch in Einzelheiten demjenigen der Sternlinien ähnlich, da in beiden Fällen die brechbarere Kante ziemlich scharf begrenzt, die nach Rot gelegene Kante des Bandes verwaschen war. Wilsing erwähnt noch, dass die Gruppe der b Linien im Grün, welche dem Magnesium angehören, durch ein breites, nach Rot verwaschenes Band ersetzt wurde, welches nach Lage und Aussehen mit einer der hellsten Linien im Spektrum der Nova übereinstimmte.

Trotz der Ähnlichkeit des Anblickes dieser Spektra mit den Sternspektren blieb aber noch eine wesentliche Lücke auszufüllen, da bisher nur aus dem gleichen Verhalten der Spektrallinien der Metalle auf ähnliche Änderungen der Wellenlängen der Wasserstofflinien bei zunehmendem Drucke geschlossen werden konnte. Deshalb war der experimentelle Nachweis einer Linienverschiebung bei der hervorragenden Bedeutuug, welche dem Wasserstoffspektrum zukommt, besonders wünschenswert. Im allgemeinen verbreitern sich die Wasserstofflinien mit zunehmendem Drucke sehr bedeutend und werden zugleich so unscharf, dass eine genauere Wellenlängenbestimmung unmöglich ist. Durch besondere Untersuchungen über das Spektrum des Wasserstoffes in Geissler'schen Röhren hat Wilsing indessen gezeigt, dass diese störende Verbreiterung bei zunehmendem Drucke nicht eintritt, wenn die Temperatur der Entladung niedrig genug bleibt, und dass auf diesem Wege eine exakte Bestimmung des Zusammenhanges zwischen Verschiebung und Drucksteigerung zu erlangen sein wird. Der Nachweis, dass sich die Brechbarkeit der Wasserstofflinien mit dem Drucke ändert, gelang ihm aber wenigstens für die Linie $H\beta$ durch Anwendung desselben Verfahrens, welches sich bei der Untersuchung der Metallspektra fruchtbar erwiesen hatte. Als Wilsing den Flaschenfunken zwischen Kohlen-

elektroden übergehen liess, leuchteten, wenn die Elektroden mit Wasser befeuchtet wurden, besonders die Wasserstofflinien $H\alpha$ und $H\beta$ hell auf. Da die Entwickelung des Wasserstoffes mit explosionsartiger Heftigkeit und infolgedessen unter starkem Drucke stattfand, so waren bei der hohen Temperatur des Funkens die Linien zwar ausserordentlich verbreitert, doch zeigte das Spektrogramm in der Mitte der hellen Linie $H\beta$ eine verhältnismässig feine und gut begrenzte Absorptionslinie, welche 0.10 $\mu\mu$ weniger brechbar war, als die entsprechende Linie im normalen Spektrum einer Geissler'schen Röhre bei niedrigem Drucke. Die brechbarern Wasserstofflinien $H\gamma$ und $H\delta$ waren hier bereits so stark verbreitert und verwaschen, dass sie durch die kräftigen Kohlenstofflinien und die stark entwickelten Cyanbänder vollständig überdeckt wurden.

»Die physikalische Erklärung des Spektrums der neuen Sterne geht nach diesen Darlegungen von der Voraussetzung aus, dass sich diejenigen leuchtenden Moleküle, welche die hellen Linien im Sternspektrum geben, unter höherem Drucke befinden. Will man die Hypothese eines Doppelsternsystems bei der Nova Aurigae beibehalten, so würde man dem einen der beiden Sterne ein Spektrum mit dunklen, breiten Absorptionslinien zuschreiben müssen, welche die Stelle der Linien im normalen Spektrum einnehmen, während die von dem andern Sterne herrührenden hellen Linien nach Rot verschoben sind und die weniger brechbare Seite der Absorptionslinien in dem zur Beobachtung gelangenden Gesamtspektrum teilweise überlagern. Bei den rasch verlaufenden Lichtschwankungen, welche die Mehrzahl der neuen Sterne zeigte, wird die Annahme mechanischer, von Drucksteigerungen begleiteter Massenverschiebungen, nichts Auffallendes haben, wenn man die analogen Erscheinungen der Protuberanzen in der Sonnenphotosphäre zur Vergleichung heranzieht. Aber auch auf chemischem Wege können Drucksteigerungen hervorgebracht werden, wenn die Temperatur niedrig genug ist, um die Bildung von Verbindungen zu gestatten. Auf eine verhältnismässig niedrige Temperatur weist aber gerade das Verhalten der Wasserstofflinien hin, wenn ihre Verschiebung im Sternspektrum als Wirkung des Druckes angesehen wird, da bei hoher Temperatur zugleich eine so beträchtliche Verbreiterung der Linien hätte eintreten müssen, dass dieselben vermutlich nicht zu erkennen gewesen wären. Von diesem Standpunkte aus wäre die Erscheinung der Nova vielleicht als Folge einer Gleichgewichtsstörung eines in seiner Entwickelung bereits weit vorgeschrittenen Sternes aufzufassen, einer Störung, welche etwa durch Gravitationswirkungen bei dem nahen Vorübergange zweier Weltkörper verursacht werden kann.

Aber auch ein einfacher Stern kann unter gewissen Voraussetzungen ein Doppelspektrum geben. Wenn der eigentliche Kern des Sternes von einer so ausgedehnten und intensiv leuchtenden gasförmigen Hülle umgeben ist, dass die Strahlung der Randpartien, welche über die Scheibe hinausragen, einen erheblichen Bruchteil

der Gesamtstrahlung ausmacht, so wird ein Spektrum mit hellen Linien auftreten, welches sich über das Absorptionsspektrum des Kernes legt, und zwar wird durch die Strahlung der untern, dem Kern benachbarten, hellsten und dichtesten Schichten der Hülle der weniger brechbare Teil der entsprechenden Absorptionslinien im Spektrum des Kernes aufgehellt werden müssen, so dass ein Spektrum mit Linienpaaren entsteht, welche sich je aus einer hellen und einer brechbarern dunklen Linie zusammen setzen. Diese Erklärung des Doppelspektrums durch Annahme einer ausgedehnten Atmosphäre, wie sie Scheiner auch bei γ Cassiopejae voraussetzt, würde sich besonders für P Cygni wegen der Unveränderlichkeit des Spektrums dieses Sternes eignen, da bei dieser Hypothese wesentlich statische gegenüber den früher betrachteten dynamischen Druckwirkungen auftreten.«

Sterne mit bemerkenswerten Spektren. T. E. Espin giebt eine Liste[1]) von neun entdeckten Sternen dieser Klasse im Anschlusse an sein zuletzt veröffentlichtes Verzeichnis.[2]) Die Beobachtungen geschahen mit einem Spiegelteleskop von $17^1/_4$ Zoll Öffnung. Unter denselben befindet sich W Pegasi (α 23^h 14.8^m, $\delta + 25^0$ $43'$ für 1900), der ein Spektrum vom Typus desjenigen von Mira Ceti besitzt.

Das Spektrum von α Aquilae. Dasselbe gehört dem I. Spektraltypus an, zeigt aber eine Eigentümlichkeit, auf welche 1889 zuerst Prof. Scheiner aufmerksam gemacht hat.[3]) Dieselbe besteht darin, dass in diesem Spektrum ausser den breiten Wasserstofflinien ganz matte, etwas verwaschene Bänder zu erkennen sind. Scheiner konnte später den Nachweis liefern, dass diese Bänder in Bezug auf ihre Lage im Spektrum mit Liniengruppen im Spektrum der Sterne des II. Spektraltypus übereinstimmen. Scheiner hat zwei Möglichkeiten der Erklärung dieser Erscheinung gegeben.[4]) »Einmal,« sagt er, »kann man sich vorstellen, dass infolge stärkerer Abkühlung und Verdichtung in der Konstitution des Sternes bereits einige Ähnlichkeit mit der Sonne eingetreten ist, und zwar so, dass nicht allmählich einzelne besonders hervorragende Metalllinien aufgetreten sind, sondern dass die absorbierende Atmosphäre auch gleich in ihrer Zusammensetzung Ähnlichkeit mit derjenigen auf der Sonne hat. Es besteht hierbei noch eine mächtige Wasserstoffatmosphäre, die auch noch grosse Mengen von Magnesiumdampf enthält. Der Stern würde dann einen vorzüglichen Beweis für den allmählichen Übergang der ersten Spektralklasse in die zweite bilden.«

»Eine zweite Erklärung des Spektrums von α Aquilae würde die sein, das Spektrum als aus zwei übereinander gelagerten Kom-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3559.
[2]) Astron. Nachr. No. 3477.
[3]) Astron. Nachr. No. 2924.
[4]) Publ. des Astrophys. Obs. zu Potsdam 7. 2. p. 232. 1895.

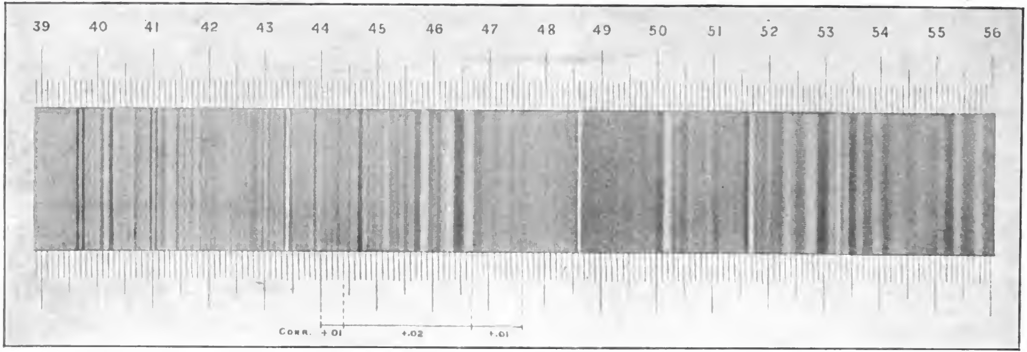
ponenten bestehend zu betrachten, als eine optische Überlagerung eines Spektrums der ersten Klasse durch ein solches der zweiten. Vor einigen Jahren würde eine derartige Erklärung kaum annehmbar gewesen sein; heute, nachdem bereits mehrere sehr enge Doppelsternsysteme bekannt sind, liegt kein Bedenken vor, *α* Aquilae als einen Doppelstern zu betrachten, dessen eine Komponente ein Stern der ersten, dessen andere Komponente ein Stern der zweiten Spektralklasse ist.«

Eine ähnliche Deutung wie die letztere ist seitdem auch von anderer Seite ausgesprochen worden, ja Deslandres kommt auf Grund seiner spektralphotographischen Aufnahmen 1892—1895 sogar zu der Meinung, der Stern müsse mindestens dreifach sein. Dieser Ansicht vermochte Prof. Vogel in Potsdam sich nicht anzuschliessen, und es schien ihm deshalb von Wichtigkeit, eine Wiederholung der photographischen Aufnahmen des Spektrums von *α* Aquilae vornehmen zu lassen unter Benutzung des grossen Spektrographen, den das astrophysikalische Observatorium in Potsdam besitzt. Diese Aufnahmen sind 1896 von Dr. Clemens und 1897 von Dr. Hartmann ausgeführt worden, und die Ergebnisse der Untersuchungen, welche Prof. Vogel an denselben angestellt, hat er der Preuss. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.[1])

Im ganzen lagen ihm 29 Spektrogramme vor. Mehrere der im Durchschnitte wohl gelungenen Aufnahmen zeigen die eingangs erwähnten matten Bänder im Spektrum sehr deutlich. Auf einigen besonders guten Photographien machen die Bänder den Eindruck, als wenn sie in Linien aufgelöst werden könnten, was jedoch bei Anwendung stärkerer Vergrösserung wegen des groben Silberkornes nicht gelingt.

»Es scheint mir nun,« sagt Prof. Vogel, »dass die schwachen verwaschenen Bänder im Spektrum eines Sternes der I. Spektralklasse ganz besondere Beachtung verdienen, da in den Spektren dieser Klasse ausser den breiten, mehr oder minder verwaschenen Wasserstofflinien nur Linien meist von grosser Zartheit und fast ausnahmslos von ausserordentlicher Schärfe zu erkennen sind. Die Beobachtung von Prof. Scheiner, dass diese Bänder mit Liniengruppen eines Spektrums der Klasse IIa ziemlich sicher zu identifizieren sind, ist von grosser Bedeutung; es bedürfen aber die eingangs angeführten Hypothesen noch einer Ergänzung, da sie keine Erklärung dafür geben, weshalb die Liniengruppen als verwaschene Bänder erscheinen. Ein Sternspektrum der II. Klasse kann niemals durch blosse Lichtschwäche dem Bänderspektrum von *α* Aquilae ähnlich werden, indem die Liniengruppen bei grosser Lichtschwäche nicht bänderartig hervortreten werden, sondern es werden sich nur einzelne stärkere Linien des Spektrums abheben, und die zarten Liniengruppen fast gänzlich verschwinden. Es muss also eine be-

[1]) Sitzbr. der Kgl. Preuss. Akademie der Wiss. 1898. 46.



Spektrum von γ Cassiopejae
nach einer Photographie vom 7. März 1898.
Aufgenommen am Stonyhorst-College-Observatorium.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

sondere Bewandtnis mit diesem Spektrum haben, und ich habe zunächst versucht, auf experimentellem Wege eine Erscheinung, wie sie das Spektrum von α Aquilae bietet, hervorzubringen. Verbreitert man mittels eines doppeltbrechenden Prismas die Linien im Sonnenspektrum, oder verdoppelt man durch weitere Drehung des Prismas die sämtlichen Linien des Spektrums, so ist es auffällig, wie dadurch einzelne Liniengruppen stark hervortreten. Noch besser gelingt es, durch Anwendung einer Cylinderlinse, mit der man eine geringe Verbreiterung aller Linien des Sonnenspektrums hervorbringt, ein Spektrum herzustellen, welches dem von α Aquilae ähnlich wird. Auch schon durch unscharfe Fokussierung kann man Ähnliches erreichen. Es entstehen dann nicht nur leicht verwaschene Bänder, die nicht mehr in Linien auflösbar sind, sondern es bilden sich in diesen auch Intensitätsmaxima durch teilweise Übereinanderlagerung der verbreiterten Linien, die, wenn sie noch mit den kräftigern Linien in einer Liniengruppe zusammenfliessen, eine Verschiebung des Intensitätsmaximums in der Liniengruppe und damit starke Veränderungen des Aussehens des Spektrums hervorbringen.

Schliesslich ist es gelungen, durch unscharfe Fokussierung der photographischen Platte mit dem grossen Spektrographen Aufnahmen vom Sonnenspektrum herzustellen, bei denen durch Ineinanderfliessen eng stehender Linien ein Spektrum entstanden war, welches dem Anblick nach sich dem Bänderspektrum von α Aquilae nähert. Eine Vergleichung eines solchen Spektrums mit zwei Aufnahmen von α Aquilae, bei welchen die matten Bänder besonders gut zu sehen waren, hat Dr. Hartmann vorgenommen, und das von ihm aufgestellte Verzeichnis von breiten und verwaschenen Bändern im Spektrum von α Aquilae steht in guter Übereinstimmung mit den frühern Untersuchungen von Prof. Scheiner.

Es ist bemerkenswert, dass linienärmere Gegenden des Spektrums im verwaschenen Sonnenspektrum wie im Spektrum von α Aquilae den Eindruck heller Streifen machen. Die genaue Vergleichung beider Spektra führt jedoch zu der Annahme, dass eine vollkommene Übereinstimmung nicht stattfindet, dass besonders die Gruppe G im Spektrum von α Aquilae kaum angedeutet ist, während sie im verwaschenen Sonnenspektrum noch sehr stark hervortritt. Es steht das im vollen Einklang mit meiner Charakteristik der Spektra der Klasse I a 3, welche eine grosse Anzahl von Metalllinien neben den breiten, stark dominierenden Wasserstofflinien enthalten, bei denen aber, im Gegensatz zu den Spektren der Klasse II a, die Liniengruppe G nur schwach entwickelt ist.«

Prof. Vogel möchte darin eine Stütze für die Annahme finden, dass eine Übereinanderlagerung eines Spektrums der Klasse I a mit einem der Klasse II a im vorliegenden Falle nicht anzunehmen ist. Abgesehen von Einzelheiten, ist auch hier die Ähnlichkeit zwischen dem durch unscharfe Einstellung der Platte erzeugten Sonnenspektrum und dem von α Aquilae so gross, dass er nicht daran

zweifeln möchte, den Grund des Entstehens verwaschener Bänder im Spektrum von α Aquilae in einem durch Verbreiterung der einzelnen Linien verursachten Zusammenfliessen eng stehender Linien zu suchen.

Die Ursache, welche die Verbreiterung der Linien hervorruft, ist schwer mit Sicherheit anzugeben.

Abney hat im Jahre 1877 zuerst auf den Einfluss der Rotation eines Himmelskörpers auf sein Spektrum aufmerksam gemacht; er wollte die Verbreiterung der Wasserstofflinien in den Spektren der Klasse Ia daraus erklären, ja sogar aus der Grösse der Verbreiterung eine mittlere Rotationszeit für diese Sterne ableiten. Prof. Vogel hat damals darauf hingewiesen,[1]) dass diese theoretisch durchaus richtige Betrachtung zur Erklärung der breiten Wasserstofflinien in den Sternen der I. Spektralklasse aus mehrern Gründen nicht zulässig sei, besonders auch deshalb nicht, weil eine Linienverbreiterung durch Rotation sich auf alle Linien im Spektrum erstrecken müsse, und scharfe, schmale Linien neben den breiten Wasserstofflinien, wie sie die Spektra der Klasse Ia thatsächlich zeigen, nicht vorhanden sein dürfen, wenn die Erklärung zulässig sein sollte. Dieser Einwurf war nach dem Stande der damaligen Beobachtungen vollkommen richtig. Mit den inzwischen vervollkommneten optischen Apparaten und mit dem über alles Erwarten wertvollen Hilfsmittel, zu welchem die Photographie sich ausgebildet hat, hat sich der Standpunkt verschoben, und Prof. Vogel möchte jetzt nach den obigen Auseinandersetzungen über das Spektrum von α Aquilae diesen Satz aufheben. »Damit,« sagt er, »ist aber ein Feld für die Erklärung der Verbreiterung der Linien durch Rotation gewonnen, und ich halte dieselbe für die Sterne α Aquilae und β und δ Leonis, vielleicht auch für β Cassiopejae, für recht wahrscheinlich. Bei α Aquilae finde ich noch eine Stütze für diese Annahme darin, dass aus den neuern Beobachtungen eine periodische Bewegung des Sternes, wie sie eintreten könnte, wenn ein Begleiter von einer relativ zu der des Hauptsternes nicht zu geringen Masse vorhanden wäre, nicht abgeleitet werden kann.«

Das Gesagte zusammenfassend, spricht Prof. Vogel folgende Ansicht über das Spektrum von α Aquilae aus: »Das Spektrum gehört zur Klasse Ia 3, die Wasserstofflinien sind durch die Druck- und Temperaturverhältnisse in der Atmosphäre des Sternes stark verbreitert, sie erscheinen noch um ein weniges mehr verwaschen durch die Rotation des Sternes. Ausser den Wasserstofflinien sind die Linien der Spektra zahlreicher Metalle vorhanden, und die Atmosphäre des Sternes nähert sich in Bezug auf ihre Zusammensetzung derjenigen der Sterne der II. Spektralklasse. Die sämtlichen Linien sind aber infolge einer stärkern Rotation verbreitert, so dass sich aus nahe zusammenstehenden Linien einzelne verwaschene

[1]) Astron. Nachr. No. 2141.

Bänder bilden, kräftigere, isoliert stehende Linien aber verwaschen erscheinen.«

Damit man sich über die Grösse der Rotationsgeschwindigkeit, durch welche der besprochene Effekt des Zusammenfliessens eng stehender Linien in Bänder hervorgebracht werden könnte, eine Vorstellung machen kann, führt Prof. Vogel folgendes an:

In linienreichen Gegenden des Sonnenspektrums würde unter der Annahme, die Linien ständen gleich weit voneinander ab, eine Rotationsgeschwindigkeit von 13.5 *km* ausreichen, diese Linien so zu verbreitern, dass sie sich theoretisch gegenseitig berührten. Infolge der ausserordentlich geringen Intensität, welche die Linien an ihren Rändern besässen, würden sie noch getrennt erscheinen; bei dem doppelten Betrage der Rotationsgeschwindigkeit dürfte aber ein thatsächliches Zusammenfliessen der Linien bei den gedachten Abständen vorauszusetzen sein.

»Die Rotationsgeschwindigkeit eines Punktes des Sternäquators von 27 *km* würde,« fährt Prof. Vogel fort, »allerdings dreizehnmal so gross sein, als die eines Punktes des Sonnenäquators, dagegen nur doppelt so gross, als die eines Punktes des Jupiteräquators, und sie kann deshalb wohl kaum als unwahrscheinlich angesehen werden.

Giebt man aber die Möglichkeit einer Rotationsbewegung bei Sternen von dem angegebenen Betrage zu, so drängt sich unwillkürlich die Frage auf, weshalb bisher nur bei drei oder vier Sternen ein Spektrum beobachtet wurde, aus dessen Beschaffenheit man auf eine schnellere Rotation des betreffenden Sternes schliessen könnte? Da ist zunächst anzuführen, dass hierüber entscheidende Beobachtungen nur bei Anwendung sehr starker Zerstreuung möglich sind, und bisher nur 50 der hellsten Sterne, die in Potsdam beobachtet wurden, in Frage kommen können. Weiter ist zu erwägen, dass, wie bei den engen Doppelsternen, die nur mit Hilfe des Spektroskops als solche erkannt werden können, noch die Bedingung hinzukommt, dass bei den erstern die Bahnebene, bei den letztern der Äquator einen möglichst spitzen Winkel mit der Gesichtslinie zur Erde einschliessen muss.«

Dr. Vogel teilt ferner die Ergebnisse der in den vorletzten Jahren auf dem Observatorium zu Potsdam ausgeführten spektralphotographischen Aufnahmen und Untersuchungen über die Geschwindigkeit von α Aquilae in der Richtung zur Erde hin mit. Es wurde bei den Untersuchungen die Grösse der Verschiebung der Wasserstofflinien $H\gamma$ des Sternspektrums gegen die entsprechende Wasserstofflinie des Vergleichsspektrums auf der photographischen Platte gemessen.

Diese Messungen gestatten die Berechnung der Geschwindigkeit für die Zeit der Aufnahme des Spektrums, welche Geschwindigkeit durch die Bewegung der Erde beeinflusst und verändert erscheint. Um die wahre Geschwindigkeit des Sternes zu ermitteln, muss die

unmittelbar beobachtete auf die ruhende Sonne bezogen werden. Wird diese Reduktion auf die Sonne rechnerisch berücksichtigt, so ergiebt sich endlich die wahre Bewegung des Sternes relativ zur Sonne. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse der einzelnen Aufnahmen und Messungen zu Potsdam:

Datum	Verschiebung in Schrauben-umdrehungen	Bewegung in *km*	Reduktion auf die Sonne	Bewegung relativ zur Sonne in *km*
1896				
5. August . . .	—0.104	—23.3	— 6.2	—29.5
9. » . . .	0.111	24.9	7.9	32.8
11. » . . .	0.112	25.1	8.7	33.8
27. » . . .	0.069	15.5	14.8	30.3
16. September . .	0.044	9.9	21.0	30.9
27. » . .	0.045	10.1	23.5	33.6
28. » . .	0.044	9.9	23.7	33.6
29. » . .	0.053	11.9	23.8	35.7
9. Oktober . . .	0.026	5.8	25.2	31.0
10. » . . .	0.040	9.0	25.3	34.3
12. » . . .	0.034	7.6	25.5	33.1
22. » . . .	0.028	6.3	25.9	32.2
24. » . . .	0.041	9.2	25.9	35.1
4. November . .	0.050	11.2	25.2	36.4
5. » . .	0.038	8.5	25.1	33.6
6. » . .	0.049	11.0	25.0	36.0
9. » . .	0.068	15.2	24.6	39.8
10. » . .	0.049	11.0	24.5	35.5
12. » . .	0.048	10.7	24.2	34.9
13. » . .	0.010	2.2	24.0	26.2
17. » . .	0.043	9.6	23.2	32.8
26. » . .	0.059	13.2	21.3	34.5
3. Dezember . .	0.059	13.2	19.3	32.5
1897				
9. November . .	0.031	6.9	24.7	31.6
10. » . .	0.032	7.2	24.5	31.7
11. » . .	0.031	6.9	24.4	31.3
13. » . .	0.033	7.4	24.1	31.5
20. » . .	0.040	9.0	22.8	31.8
15. Dezember . .	0.088	19.7	15.3	35.0

Im Mittel ergiebt sich aus 29 Platten eine Annäherung des Sternes zur Sonne pro Sekunde von 32.9 *km* oder 4.44 geographischen Meilen mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 0.3 *km* oder 0.04 Meilen. Andeutungen irgend welcher periodischer Schwankungen dieses Wertes sind nicht gegeben. Durch Zuziehung der neu gemessenen frühern Aufnahmen (1888) ergiebt sich als Mittelwert der Näherung des Sternes pro Sekunde 4.60 Meilen, was mit dem von Scheiner gefundenen Werte von 4.58 Meilen so gut wie völlig übereinstimmt.

Deslandres hat ebenfalls Beobachtungen über die Bewegung des Sternes α im Adler in der Gesichtslinie ausgeführt und deren Ergebnisse veröffentlicht [1]). Es sind die folgenden:

Bewegung in der Richtung zur Sonne in *km*.

1892.	8. Juli	—23.3	1895.	15. Juni	— 9.8	1895.	19. Aug.	—28.2
	6. Aug.	—12.4		17. »	—13.4		20. »	—28.6
	12. »	—32.6		22. »	—16.1		21. »	—19.8
	13. »	—25.6		24. »	— 8.2		22. »	—29.0
	31. »	—18.5		25. »	— 3.0		24. »	—28.5
	12. Septbr.	—11.8		26. »	— 4.6		26. »	—33.8
	19. »	—38.4		3. Juli	—11.0		28. »	—24.2
	3. Oktbr.	—18.5		8. »	—12.7		29. »	—35.1
				9. »	—18.1		30. »	—18.4
1893.	6. Juli	—19.3		10. »	—27.8		31. »	— 6.3
	7. »	—15.6		12. »	—25.3		2. Septbr.	—29.0
	19. »	—18.0		16. »	—37.4		4. »	—20.1
				17. »	—35.0		6. »	—30.5
1894.	11. Aug.	—36.5		23. »	—17.6		9. »	—24.0
	17. Oktbr.	—28.4		25. »	+11.4		16. »	—33.8
				9. Aug.	—21.4		20. »	—13.5
1895.	28. Mai	+10 9		13. »	—12.2		23. »	—10.7
	30. »	—11.3		14. »	—13.1		24. »	—27.8
	8. Juni	—14.9		16. »	— 1.9		25. »	— 7.2
	11. »	—14.9		17. »	—22.9			

Diese Resultate zeigen erhebliche Unterschiede in der Geschwindigkeit selbst an aufeinander folgenden Tagen. Deslandres ist dadurch zu der Annahme geführt worden, der Stern α im Adler zeigte eine periodisch veränderliche Bewegung innerhalb eines Zeitraumes von 43 Tagen. Prof. Vogel kann diesem Schlusse nicht zustimmen, vielmehr scheinen ihm die Abweichungen der einzelnen Geschwindigkeiten untereinander lediglich durch die geringe Genauigkeit der Messungen von Deslandres hervorgerufen zu sein. Er bemerkt: »Die drei grössten Werte für die Bewegung sind 1895 am 16. Juli, am 17. Juli und am 29. August beobachtet worden, und wahrscheinlich gab das die Veranlassung zur Annahme einer Hauptperiode von 43 Tagen. Ein ähnlich grosser Wert wie an diesen Tagen wäre bei einer gleichmässigen Periode in den ersten Tagen des Juni zu erwarten gewesen, der ist aber nicht vorhanden. Ebenso geht es mit den in die Zwischenzeiten fallenden geringsten Werten. Am 25. Juni, also um die halbe Periode zurück, ist ein solches Minimum zu finden, jedoch ist ein zweites (+ 11 *km*) schon am 25. Juli anstatt in den ersten Tagen des August beobachtet worden, der Wert vom 9. August ist = —21.4 *km*, ein Wert, der dem Mittel aus allen Beobachtungen nahe liegt, und am 19. September ist kein drittes Minimum vorhanden. Dass zwei Tage nach dem Maximum (—35 *km*) am 29. August 1895 der Wert für die Bewegungskomponente auf —6 *km* fällt, um am 2. September wieder auf —29 *km* anzusteigen, dass die Beobachtungen vom 23. Juli

[1]) Compt. rend. Vol. 121.

und 25. Juli um 29 *km*, die vom 16. August bis 17. August um 21 *km* verschieden sind, und die Beobachtungen an drei aufeinanderfolgenden Tagen (23., 24. und 25. September) Sprünge von 17 *km*, bez. 21 *km* machen, hätte Herrn Deslandres darauf führen müssen, dass die Genauigkeit der Beobachtungen wohl geringer sei, als von ihm vorausgesetzt und vielleicht nach der innern Übereinstimmung der Messungen an einer Platte abgeleitet worden war. Statt dessen suchte er die Beobachtungen durch die Annahme einer zweiten Periode von ungefähr fünf Tagen in Einklang zu bringen und nahm endlich, da dies auch nicht gelingen wollte, an, dass Amplitude und Periode veränderlich seien, und α Aquilae mindestens ein dreifacher Stern sei.

Ich glaube, dass meine Beobachtungen das Nutzlose der Bestrebung, eine periodische Schwankung der in den Visionsradius fallenden Bewegungskomponente bei α Aquilae abzuleiten, zur Genüge dargethan haben.«

Die von Deslandres vermuteten Schwankungen in der Geschwindigkeit des Sternes bestätigen sich also nicht.

Die Spektra von γ Cassiopejae und o Ceti. Während eines Zeitraumes von 8 Jahren hat P. Walter Sidgreaves 52 Photographien des Spektrums von γ Cassiopejae erhalten, darunter eine besonders vorzügliche am 7. März 1898, die dann als Hauptunterlage zu einer Karte dieses Spektrums und zur Bestimmung der Wellenlängen der Linien diente[1]). Man kann nach P. Walter Sidgreaves dieses Spektrum als ein solches mit hellen Linien oder als Absorptionsspektrum betrachten, jedenfalls aber sind die Linien und Banden desselben verwaschen und schwach. Dass darin Absorptionen vorkommen, ist kaum zweifelhaft, die Linie $H\gamma$ scheint offenbar der Überrest eines Absorptionsbandes, die Heliumlinien 4025 und 4471 und die Linie 5295 sind ebenfalls Absorptionslinien, während die Verhältnisse von $H\delta$ an einem und der Magnesiumlinien am andern Ende des Spektrums zu Gunsten von hellen Linien sprechen. Ein Vergleich der Linien mit denjenigen im Spektrum von γ Orionis zeigt, dass dieselben mit Orionlinien zusammenfallen. Von den Absorptionslinien fallen neun mit Heliumlinien sehr nahe zusammen, dann sind helle Magnesiumlinien nachweisbar, vielleicht auch einige Linien mit solchen im Spektrum des Vanadiums. Die Wasserstofflinien deuten keinerlei Veränderungen während der achtjährigen Beobachtungsdauer an. Die Linie 4586 (Vanadium?) erscheint dagegen auf einigen Photographien scharf und einfach, auf andern breiter, wie doppelt, aber zu eng, um völlig getrennt zu sein. Das Spektrum von o Ceti wurde im Herbste 1898 auf sieben guten Photographien erhalten und zeigt keine Veränderungen.

---

[1]) Monthly Notices 1899. 59. No. 8. p. 505.

Untersuchungen über die Spektra von 528 Sternen[1]. Die photographischen Aufnahmen der Sternspektren bei geringer Dispersion und zu dem Zwecke, ein Urteil über die Zugehörigkeit eines Sternes zu einer der verschiedenen Spektralklassen zu gewinnen, werden beeinträchtigt durch den Umstand, dass die wichtigsten Merkmale der einzelnen Spektralklassen in den gelben und grünen Teilen des Spektrums liegen, die weniger gut photographisch reproduziert werden, während die Photographie sich hauptsächlich auf die violetten und ultravioletten Teile des Spektrums erstreckt, die für die Klassifizierung weniger wichtig sind. Nach den Untersuchungen von Scheiner ist nur ein geringer, oft kaum merklicher Unterschied zwischen den Spektren der II. und III. Klasse in dem von Hγ nach Violett sich erstreckenden Teile des Spektrums wahrzunehmen. Bei schwächerer Zerstreuung und unter Anwendung der gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten sind die Spektra dieser beiden Klassen nur dadurch unterschieden, dass die Linien bei Spektren der III. Klasse kräftiger und breiter erscheinen als bei solchen der II. Klasse, und dass die Abnahme der Lichtintensität des kontinuierlichen Spektrums nach der brechbarern Seite schon bei Hγ merklich zu werden beginnt. Nur bei besonders gut ausgeprägten Spektren der III. Klasse erkennt man noch zwischen F und G einseitig verwaschene Absorptionsstreifen, ähnlich den für die Spektra dieser Klasse charakteristischen Streifen im Gelb und Grün. Noch schwieriger wird die Scheidung auf spektrographischem Wege zwischen den Klassen IIIa und IIIb. Hier ist es nur die grössere oder geringere Ausdehnung des Spektrums nach Violett, welche einen Anhalt giebt.

Weit günstiger liegt die Sache bei den Spektren der I. Klasse, wie schon die Aufnahmen von Huggins Ende der siebziger Jahre zeigten, auf denen sich ein reiches, dem blossen Auge verborgenes Detail findet, und welche auch Unterschiede innerhalb dieser Klasse erkennen liessen, die auf dem verschiedenen Aussehen der beiden Linien H und K beruhen.

Da eine streng systematische Untersuchung der Spektra I. Klasse nach der bezeichneten Richtung noch nicht vorlag, so beschloss Prof. Vogel, eine solche in Potsdam auszuführen, und stellte Prof. Wilsing die Aufgabe, zu diesem Zwecke mit Hilfe eines kleinen, mit dem photographischen Refraktor des Observatoriums verbundenen Spektrographen möglichst vollkommene Aufnahmen der Spektra der hellern Sterne, welche nach dem Draper-Kataloge und nach von anderer Seite angestellten Beobachtungen zur I. Spektralklasse gehören, anzufertigen.

Nach Abschluss dieser Arbeit erschien die Untersuchung von Miss A. C. Maury über die Spektra heller Sterne, gemäss den Aufnahmen in Cambridge, in welcher auch eine Klassifikation der Sterne gegeben wird[2]. Dieselbe ist indessen nach wesentlich andern Ge-

[1]) Publ. des Astrophys. Obs. zu Potsdam No. 39.
[2]) Dieses Jahrbuch IX. p. 69.

sichtspunkten aufgestellt und macht die Arbeit in Potsdam durchaus nicht überflüssig. Diese letztere ist vielmehr um so wichtiger, als dadurch nicht nur die Teilung der Sterne der I. Spektralklasse in Unterabteilungen allein nach dem Aussehen der Calciumlinien, sondern auch noch nach einem andern Merkmale, den in den Spektrogrammen sehr leicht erkennbaren Linien des Clèveïtgases, möglich wurde. Eine Vergleichung der von Prof. Vogel im Spektrum von β Lyrae gemessenen Linien mit denen des Clèveïtgasspektrums, das kurz nach der Entdeckung des Clèveïtgases durch Ramsay von Runge sehr genau untersucht worden war, ergab nämlich eine überraschend gute Übereinstimmung jener Linien mit Spektrallinien dieses Gases, und an der Hand des von Prof. Wilsing gesammelten, damals schon reichen Materials war es Prof. Vogel möglich, nachzuweisen, dass die Zahl der Sterne, deren Atmosphären Clèveïtgas enthalten, eine über Erwarten grosse ist. Er hat diese Untersuchung der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin am 24. Oktober 1895 vorgelegt und ist auf Grund derselben zu der nachstehenden Klassifikation der Sterne der I. Spektralklasse gelangt, welche eine Erweiterung und schärfere Präzisierung der zu Anfang der siebziger Jahre von ihm gegebenen Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren bildet.

Klasse I der Sternspektra. Kontinuierliche Spektra, deren brechbarere Teile, Blau und Violett, durch ihre Intensität besonders auffallen. Die Spektra sind durchsetzt von der ganzen Reihe der Wasserstofflinien, die als dunkle, breite, verwaschene, seltener scharf begrenzte und dann schmälere Absorptionslinien erscheinen und im allgemeinen die ausserdem in den Spektren sich zeigenden Linien anderer Metalle an Intensität erheblich übertreffen.

Ganz selten treten die Wasserstofflinien und die Linien anderer Stoffe nicht als Absorptionslinien auf, sondern erscheinen als helle Linien auf kontinuierlichem Spektralgrunde.

Ia.

1. Spektra, in denen nur die Wasserstofflinien als breite, stark entwickelte Linien erscheinen, andere Spektrallinien aber nicht zu erkennen sind.

2. Spektra, in denen neben den Wasserstofflinien noch Linien von andern Metallen, namentlich von Calcium, Magnesium und Natrium, jedoch keine Linien des Clèveïtgases auftreten. Die Calciumlinie λ 393.4 $\mu\mu$ erscheint in diesen Spektren scharf begrenzt; sie kommt den Linien des Wasserstoffs an Breite nicht gleich. Die Spektrallinien der andern Metalle sind nur zart und bei Anwendung geringer Zerstreuung schwer zu erkennen.

3. Spektra, in denen die Ca-Linie λ 393.4 $\mu\mu$ von nahe gleicher Intensität mit den Wasserstofflinien erscheint, in seltenen Fällen auch dann noch an den Rändern scharf begrenzt ist, oder breiter und intensiver als die Wasserstofflinien und stark verwaschen mit der durch die Ca-Linie λ 396.9 $\mu\mu$ verstärkten und verbreiterten

Wasserstofflinie Hε (λ 397.0 $\mu\mu$) ein auffallendes Linienpaar bildet. In den Spektren dieser Abteilung sind die Linien des Clèveïtgases nicht zu erkennen; dagegen treten stets zahlreiche und kräftige Linien verschiedener Metalle, besonders auch Eisenlinien, auf; die Wasserstofflinien dominieren jedoch immer. Hδ tritt unter den Linien deutlich hervor, und die Liniengruppe G ist weniger auffallend als Hγ.

Diese Unterabteilung bildet den direkten Übergang zur Spektralklasse II, bei welcher die Wasserstofflinien gegen die Linien anderer Metalle keine hervorragende Rolle mehr spielen, die Calciumlinien H und K durch ihre ausserordentliche Breite und Verwaschenheit allein auffallen und die G-Gruppe im Vergleich zur Linie Hγ breit und stark erscheint.

Ib.

Spektra, in denen neben den stets dominierenden Wasserstofflinien die Linien des Clèveïtgases, vor allem die Linien von den Wellenlängen 396.5 $\mu\mu$, 402.6 $\mu\mu$, 447.2 $\mu\mu$, 501.6 $\mu\mu$ und 587.6 $\mu\mu$ (D_3) erscheinen. (Die stärkste Linie im Violett λ 388.9 $\mu\mu$ fällt so nahe mit Hζ zusammen, dass sie nicht zur Erkennung des Clèveïtgases in Sternspektren geeignet erscheint.) Ausserdem treten in den Spektren dieser Abteilung mehr oder minder zahlreich die Linien der Spektra von Calcium, Magnesium, Natrium und Eisen auf.

Ic.

1. Spektra mit hellen Wasserstofflinien.

2. Spektra, in denen ausser den Wasserstofflinien noch die Linien des Clèveïtgases und Linien von Calcium, Magnesium und andern Metallen hell erscheinen.

Prof. Vogel hebt hervor, dass es nach dem heutigen Stande der Wissenschaft vielleicht besser wäre, die selten vorkommenden Sterne, in deren Spektren die Linien hell sind, an erste Stelle zu setzen (als auf der ersten Stufe der Entwickelung stehend); da aber eine definitive Entscheidung über diese Frage seines Erachtens noch nicht zu treffen ist, so hat er aus formalen Gründen die frühere Reihenfolge beibehalten und diese Sterne wieder in eine dritte Abteilung (Ic) vereinigt. — —

Was nun die Aufnahmen in Potsdam anbelangt, so begann die Arbeit Anfang 1894. Es war anfänglich beabsichtigt, nur bis zu Sternen der Grösse 4.5 zu gehen; der Beobachtungsplan wurde aber sehr bald erweitert, da sich herausstellte, dass die Lichtstärke des Instrumentes und des Spektrographen gross genug war, um ohne zu grossen Zeitaufwand auch von Sternen geringerer Helligkeit noch detailreiche Spektra zu erhalten. So sind nun im allgemeinen die Spektra derjenigen Sterne zwischen dem Pol und 5° südlicher Deklination zur Untersuchung gelangt, welche in dem Pickering'schen Kataloge die Bezeichnung A bis F und Q erhalten haben, und die nicht unter 5. Grösse waren. Südlicher als — 5.° Deklination sind

nur wenige, meist helle Sterne und solche, die bei Pickering ein mit B bezeichnetes Spektrum haben, beobachtet worden.

Dass zwischen Pol und — 5^0 Deklination genau alle Sterne der angegebenen Grösse, deren Spektrum der I. Klasse angehört, beobachtet worden sind, ist, wie Prof. Vogel hervorhebt, nicht mit Bestimmtheit zu behaupten, da, wie gesagt, der Arbeitskatalog auf dem Pickering'schen Kataloge beruht; doch dürfte die Zahl der ausgelassenen Sterne nur eine geringe sein, und jedenfalls ist sie ohne erheblichen Einfluss auf die Zahlen, durch welche die Verteilung der Sterne in die verschiedenen Unterabteilungen der I. Klasse dargestellt wird. Ferner ist als untere Helligkeitsgrenze der beobachteten Sterne die 5. Grösse nicht streng innegehalten worden, indem eine allerdings nur geringe Anzahl von Sternen schwächer als 5. Grösse zur Beobachtung zugezogen wurde, und zwar meistens solche Sterne, deren Spektrum irgend welches besondere Interesse erwarten liess.

Von den meisten der Katalogsterne wurde, dem ursprünglichen Plane entsprechend, nur eine Aufnahme angefertigt, eine zweite nur dann, wenn die erste aus irgend einem Grunde nicht gelungen erschien; einige interessante Objekte wurden jedoch mehrfach aufgenommen. Nur von wenigen Sternen, in deren Spektren Veränderungen vermutet wurden oder thatsächlich vorhanden waren, ist eine grosse Anzahl von Aufnahmen hergestellt worden.

Aus Prof. Vogel's Untersuchung der Spektralaufnahmen der bezeichneten 528 Sterne ergiebt sich, dass die Sterne der Klasse Ib, von denen man früher nur wenige im Sternbilde des Orion kannte, über den ganzen Himmel verbreitet sind und ihre Verteilung der Sterndichtigkeit in den verschiedenen Teilen des Himmels einigermassen entspricht, dass aber eine auffallend starke Anhäufung in der Oriongegend zu finden ist. Von den nach der vorstehenden Untersuchung der I. Spektralklasse angehörenden Sternen entfällt etwa der vierte Teil auf die Unterabteilung Ib.

Doppelspektra haben nach der Potsdamer Untersuchung die Sterne:

28 Tauri (Plejone)	Spektrum	Ia	und	Ic1.
β Lyrae	»	Ib	»	Ic2.
P Cygni	»	Ib	»	Ic2.
70 Cygni	»	Ib	»	Ic1.

Der einzige Stern, dessen Spektrum als zur Klasse Ic gehörig bestimmt worden, ist γ Cassiopejae.

Das Spektrum des Veränderlichen o Ceti ist von W. W. Campbell auf der Lick-Sternwarte untersucht worden[1]) mittels eines Spektrographen, der ausschliesslich den Teil des Spektrums in der Region der Linie Hγ aufnimmt. Die Spektrogramme zeigen eine Menge Detail zwischen den Linien der Wellenlängen 4270 und 4440.

[1]) Astrophys. Journal 1899. 1. p. 31.

Seinen dunkeln Linien nach gehört das Spektrum zum Typus III von Secchi, daneben sind in demselben die hellen Linien Hγ, Hδ, Hζ und Hη u. s. w. sichtbar. Aus den Messungen der Lage von dunkeln Linien auf sieben Platten aus der Zeit vom 10. November bis 15. Dezember 1897 und 29. August bis 29. November 1898 ergab sich im Mittel eine Eigenbewegung des Sternes in der Gesichtslinie von + 62.3 *km* (Maximum 63.8, Minimum 60.5 *km*), die unveränderlich ist. Das helle Hγ-Band ist sehr leuchtend, es bedarf nur der Exponierung von 2^m, während die dunkeln Linien erst bei 60^m Expositionsdauer deutlich vorhanden sind. Gegen die dunkeln Linien zeigt nun das helle Band Hγ eine ganz unverkennbar deutliche Verschiebung gegen das violette Ende des Spektrums. Ferner fand Campbell, dass die Grösse der scheinbaren Verschiebung von der Dauer der Exposition abhängt; die Begrenzung gegen Rot fällt stufenweise ab, während die Grenze gegen Violett schärfer hervortritt, so dass mit zunehmender Dauer der Exponierung die scheinbare Mitte des Bandes sich gegen Rot verschiebt. Die am 15. Dezember 1887 und 29. November 1898 (als der Stern schon schwächer war) erhaltenen geringen Geschwindigkeiten für die Eigenbewegung sind nach Campbell zum Teil der oben angegebenen Ursache zuzuschreiben, zum Teil aber reell. Die erste kurzzeitige Exponierung vom 28. August 1898 zeigte, dass das Hγ-Band aus drei hellen Linien besteht, von denen die mittlere die hellste und die gegen Rot hin liegende die schwächste ist; keine derselben scheint wirklich einfarbig zu sein. Die Wellenlängen der drei hellen Linien dieses Hγ-Bandes wurden gemessen und auf das System der dunkeln Linien reduziert unter Annahme einer Eigengeschwindigkeit der letztern von + 62.3 *km* in der Sekunde. Auf diese Weise ergaben sich für die drei Linien mittlere Geschwindigkeiten von + 35, + 60 und + 82 *km*. Campbell glaubt, dass die Verschiebung dieser Linien möglicherweise dem Drucke oder andern Verhältnissen auf dem Sterne zuzuschreiben sind. Da es behufs Vergleiches wünschenswert erschien, auch das helle Hδ-Band in Bezug auf etwaige Verschiebung zu untersuchen, so wurden im September 1898 zwei photographische Aufnahmen desselben gemacht. Sie zeigen, dass dieses Band auch aus drei Linien besteht, von denen die mittlere die hellste, die beiden andern aber gleich hell sind. Es wurde sogleich erkennbar, dass die zentrale Linie mehr gegen Violett verschoben war als die Hauptlinie von Hγ, im Mittel ergaben sich für diese drei Linien Geschwindigkeiten von + 23, + 48, + 80 *km*. Photographische Aufnahmen im November 1898 zeigten, dass das Hγ-Band seine Position merklich geändert hatte, auch schien es aus einzelnen, nicht monochromatischen Linien zu bestehen, jede vielleicht mit einem schwachen Begleiter an der gegen Rot liegenden Seite. Die Wellenlänge fand sich im Mittel aus sechs Platten λ 4340.37, entsprechend einer Verschiebung von + 44.4 *km*. Für das Hδ-Band ergab eine Platte $\lambda = 4101.68$, oder + 47 *km*. Als das kontinuierliche Spektrum schwächer ward,

wurden verschiedene neue helle Linien sichtbar. Eine derselben, vielleicht die Eisenlinie mit der normalen Wellenlänge λ 4376.107, deutete durch Verschiebung eine Geschwindigkeit von + 44 *km* an.

Die Geschwindigkeiten mehrerer Sterne in der Gesichtslinie zur Erde sind von W. W. Campbell auf der Lick-Sternwarte am 36 zölligen Refraktor mittels eines von O. Mills gestifteten grossen Spektrographen mit beträchtlicher Schärfe bestimmt worden[1]). Bis jetzt sind bereits mehrere hundert Platten mit Sternspektren erhalten worden, von denen etwa 150 vermessen wurden. Prof. Campbell teilt von elf Sternen, für welche mindestens je vier Platten vermessen wurden, die erhaltenen Resultate mit. Dieselben sind nachstehend wiedergegeben, und es bedeutet das Zeichen — dass der Stern sich der Erde nähert, + dass er sich von ihr entfernt. Die Zahlen bezeichnen die Geschwindigkeit in Kilometern pro Sekunde. α Cassiopejae: — 4.3 (Vogel fand — 14.9, Scheiner — 15.6); β Andromedae: + 0.3 (Vogel: + 9.0, Scheiner: + 13.3); α Ursae minoris: — 19.6 (Vogel: — 25.5, Scheiner: — 26.2); γ Andromedae: — 11.2 (Vogel: — 8.0, Scheiner: — 17.8); α Arietis: — 14.1 (Vogel: — 14.5, Scheiner: — 14.9); α Persei: — 2.4 (Vogel: — 10.8, Scheiner: — 9.8); α Tauri: + 54.8 (Vogel: + 47.6, Scheiner: + 49.4, Keeler: + 55.2); α Canis minoris: — 4 8 (Vogel: — 7.9, Scheiner: — 10.5, Newall: — 4.9); α Ursae majoris. — 9.8 (Vogel: — 10.3, Scheiner: — 12.7); γ Draconis: — 27.4; ε Pegasi: + 5.7 (Vogel: + 7,3, Scheiner: + 8.6, Lord: + 9.9).

Bei mehrern Sternen wurden unerwartet grosse Geschwindigkeiten in der Richtung zur Erde hin gefunden, so bei η Cephei, für den Campbell und Wright im Mittel aus fünf Aufnahmen — 86.8 *km* fanden. Das von Belopolski für den Hauptstern von ζ Herculis gefundene Ergebnis wurde mit — 70.3 *km* pro Sekunde bestätigt. Für den planetarischen Nebel G K No. 4373 hat früher Keeler — 64.7 *km* gefunden. Diese Zahlen vermindern sich etwas, wenn man die Eigenbewegung der Sonne durch den Weltraum in Betracht zieht. Unter der Voraussetzung, dass diese nach einem Punkte des Himmels in 267° Rektaszension und 36° nördl. Deklination gerichtet ist und 17 *km* in der Sekunde beträgt, ergeben sich für die zuletzt genannten drei Objekte folgende Geschwindigkeiten in der geraden Richtung gegen die Erde hin: η Cephei: 47.1, ζ Herculis — 53.4, Nebel G K No. 4373 — 50.9 *km* pro Sekunde.

Endlich hat Prof. Campbell gefunden, dass der Stern η Pegasi eine merklich veränderliche Geschwindigkeit in der Gesichtslinie zur Erde besitzt. Seine Messungen ergaben nämlich folgende Resultate:

27. August	1896	+ 7.1 *km*	29. August	1898	+ 16.5 *km*
23. September	1896	+ 5.1 »	30. »	1898	+ 15.6 »
8. Juli	1897	— 6.5 »	4. September	1898	+ 16.5 »
28. September	1897	— 2 2 »			

[1]) Astrophys. Journal 8. No. 3.

Die grössten beobachteten Unterschiede betragen 23 *km*. Die Periode der Veränderlichkeit ist offenbar lang und beträgt möglicherweise etwa zwei Jahre.

Die Bewegung von ζ Geminorum in der Gesichtslinie zur Erde. Veranlasst durch eine Veröffentlichung von Campbell über die veränderliche Geschwindigkeit von ζ Geminorum in der Gesichtslinie, bemerkt A. Belopolsky[1]), dass die Beobachtungen in Pulkowo dasselbe Ergebnis schon zu Anfang 1898 geliefert haben. »Im ganzen«, sagt er, »besitzen wir nur wenige Beobachtungen des Sternes, so dass wir bis jetzt noch keine genügend genaue Geschwindigkeitskurve haben konstruieren können. Es ist aber kaum zu zweifeln, dass auch bei diesem Sterne, ähnlich wie bei δ Cephei und η Aquilae (alle diese Sterne gehören zu derselben Spektralklasse II), die Epochen, in welchen die Geschwindigkeit derselben in der Gesichtslinie zur Erde gleich Null ist, später als die Epochen des Lichtminimums auftreten.« In Pulkowo sind am 30-Zöller mittels des Spektrographen zwischen dem 31. Dezember 1897 und 28. März 1899 15 Aufnahmen gemacht worden, welche genaue Werte für die jeweilige Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde lieferten. Ordnet man diese nach der Zeit, die seit dem letzten Lichtminimum verflossen war, so erhält man folgende Zusammenstellung, in welcher t die Zeit in Tagen und Stunden seit dem letzten Lichtminimum des Sternes und g die Geschwindigkeit desselben in geographischen Meilen pro Sekunde bedeutet:

t		g		t		g	
0d	2h	+ 4.76	geogr. Meilen	5d	1h	— 2.70	geogr. Meilen
1	12	+ 2.86	» »	6	19	+ 1.96	» »
1	12	+ 0.71	» »	8	1	+ 3.00	» »
2	1	+ 0.68	» »	8	5	+ 3.02	» »
3	1	+ 0.04	» »	9	6	+ 5.06	» »
3	12	+ 0.50	» »	9	15	+ 4.41	» »
4	1	— 0.40	» »	10	2	+ 4.11	» »
4	13	+ 0.34	» »				

Vergleicht man diese Geschwindigkeiten mit der von Argelander gegebenen Lichtkurve des Sternes, so findet man, dass die grössten Geschwindigkeiten nahe (etwas vor) dem kleinsten Lichte beobachtet wurden, die geringsten etwa einen Tag vor dem Lichtmaximum, so dass also der Lichtwechsel nicht ohne weiteres durch periodische Verdeckung des hellen Sternes von einem dunklen erklärbar ist.

Die Bewegung von δ Ursae in der Gesichtslinie zur Erde ist von A. Belopolsky untersucht worden[2]). Die Beobachtungen geschahen an sechs Tagen 1894 und 1896 durch spektrographische Aufnahmen am 30-Zöller der Sternwarte zu Pulkowo. Die Aus-

[1]) Astron. Nachr. No. 3565.
[2]) Astron. Nachr. No. 354.

messungen der Aufnahmen ergaben für die relative Geschwindigkeit des Sternes in der Linie zur Sonne pro Sekunde:

24. März	1894	......	+ 2.94 geogr. Meilen
27. »	1894	......	+ 0.13 » »
24. Februar	1896	......	+ 1.56 » »
25. »	1896	......	+ 0.25 » »
26. »	1896	......	+ 1.00 » »
1. April	1896	......	+ 2.62 » »

Da es sich um einen Stern des II. Spektraltypus handelt, deren Spektra sich gut messen lassen, so sind die gefundenen Unterschiede in den Geschwindigkeiten, die bis auf 2.88 geogr. Meilen steigen, schwerlich Fehlern zuzuschreiben; Belopolsky glaubt vielmehr, dass der Stern eine veränderliche Geschwindigkeit besitzt, deren Periode 5—7 Tage beträgt, er also ein spektroskopischer Doppelstern ist.

Veränderliche Geschwindigkeit von η Pegasi in der Gesichtslinie zur Erde. Prof. W. W. Campbell teilt die Messungen mit, welche er an Photographien des Spektrums dieses Sternes, die seit 1896 auf der Lick-Sternwarte aufgenommen wurden, erhalten hat[1]). Aus diesen Messungen ergiebt sich, dass dieser Stern in der Gesichtslinie zur Erde folgende Geschwindigkeiten hatte:

27. August	1896	+ 7.1 *km*	29. August	1898	+ 16.5 *km*
23. September	1896	+ 5.1 »	30. »	1898	+ 15.6 »
8. Juli	1897	— 6.4 »	4. September	1898	+ 16.5 »
28. September	1897	— 2.2 »			

Hiernach scheint es, dass die Periode dieser Veränderungen vielleicht ein paar Jahre beträgt. Seitdem hat H. A. Belopolsky die Resultate veröffentlicht, welche in Pulkowo über die Bewegung von η Pegasi in der Gesichtslinie erhalten wurden, nämlich:

27. August	1897	— 4.9 *km*	25. August	1898	+ 16.9 *km*
8. September	1897	— 4.7 »	17. September	1898	+ 16.7 »

Die Ergebnisse an beiden Sternwarten stimmen demnach sehr gut überein, so dass an der Veränderlichkeit der genannten Bewegung nicht zu zweifeln ist, und η Pegasi also den spektroskopischen Doppelsternen zugezählt werden darf.

Die Eigenbewegung von τ Virginis. Schon vor einigen Jahren[2]) hat Dr. Fritz Cohn auf Schwankungen in der Deklination dieses Fundamentalsternes hingewiesen und die Wahrscheinlichkeit einer Veränderlichkeit seiner Eigenbewegung darzulegen versucht. Weitere Untersuchungen haben ihn jetzt[3]) zu der Überzeugung geführt, dass diese Schwankungen thatsächlich stattfinden und auf eine Periode von 60 bis 75 Jahren deuten. Eine Entscheidung über die Dauer der Periode wird schon in fünf, sicher in zehn Jahren möglich sein.

---

[1]) Astrophys. Journal 8. p. 159. vergl. p. 108.
[2]) Astron. Nachr. No. 3341.
[3]) A. a. O. No. 3580.

Neue spektroskopische Doppelsterne. W. W. Campbell machte Mitteilungen über drei Sterne mit spektroskopisch veränderlicher Eigenbewegung, die also Doppelsterne sind, welche im Fernrohre nicht getrennt werden können[1]. Der eine von diesen Sternen ist η Pegasi, über den an dieser Stelle schon berichtet wurde. Campbell hat ihn bis zum 23. Januar d. J. noch beobachtet und giebt im Anschluss an die bereits mitgeteilten, folgende Werte für die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde:

15. Sept. 1898	+ 15.7 *km*	26. Okt. 1898	+ 10.8 *km*
18. Okt. 1898	+ 11.0 »	28. Nov. 1898	+ 6.1 »
24. » 1898	+ 11.5 »	23. Jan. 1899	— 1.6 »

Die Periode umfasst nach Campbell vielleicht $2^1/_4$ Jahre, es bedarf also einer Beobachtungsreihe von mehrern Jahren, um diese Periode genau zu bestimmen.

o Leonis (Rektaszension $9^h\ 36^m$, Deklination + 10° 21′). Es sind etwa 20 Platten des Spektrums dieses Sternes erhalten worden. Dieselben zeigen, dass die Geschwindigkeit zwischen + 82 und — 30 *km* in der Sekunde variiert und auf eine Periode von $14^1/_2$ Tagen deutet. Ferner ist es wahrscheinlich, dass das Spektrum aus zwei oder mehrern übereinander projizierten Spektren besteht.

χ Draconis (Rektaszension $18^h\ 23^m$, Deklination + 72° 42′). Es wurden bis jetzt 14 Aufnahmen des Spektrums erhalten und untersucht. Dieselben ergaben folgende Geschwindigkeiten:

25. Juli 1898	+ 45.6 *km*	5. Nov. 1898	+ 11.3 *km*
5. Sept. 1898	+ 46.0 »	12. » 1898	+ 10.7 »
19. » 1898	+ 42.6 »	18. » 1898	+ 10.6 »
24. Okt. 1898	+ 14 »	3. Dec. 1898	+ 15 »
25. » 1898	+ 16 »	7. » 1898	+ 18.3 »
26. » 1898	+ 14.5 »	16. » 1898	+ 21.0 »
1. Nov. 1898	+ 11.9 »	17. » 1898	+ 20.0 »

Hiernach scheint es, als wenn die Periode etwa sechs Monate beträgt.

Ein Verzeichnis von 132 neuen Doppelsternen, die am $18^1/_2$ zolligen Refraktor zu Chicago 1894 bis 1897 entdeckt wurden, hat Prof. H. W. Hough veröffentlicht[2]. Dieses ist das vierte Verzeichnis und bringt die Anzahl der dort neu gefundenen Doppelsterne auf 622. Darunter befinden sich 77 Paare mit Distanzen von 0″ bis 0.5″, 66 Paare mit solchen von 0.5″ bis 1.0″.

Die Doppelsterne des südlichen Himmels sind von Dr. See am 24 zolligen Lowell-Refraktor untersucht worden[3]. Derselbe hat in den Jahren 1896 bis 1897 mehr als 100000 südliche Sterne in dem Streifen zwischen — 20° und — 45° und einem Teil der Zone

---

[1] Publ. Astr. Soc. of the Pacific 1897. **11.** p. 54.
[2] Astron. Nachr. No. 3557—58.
[3] Astronomical Journal No. 431. 432.

zwischen — 45° und — 60° Deklination geprüft und eine grosse Zahl neuer Doppelsterne entdeckt. Darunter befinden sich 76 bis zu 0.5″ Distanz, 46 von 0.5″ bis 1.0″, 40 zwischen 1.0″ und 2.0″ und 338 über 2″ Distanz.

Eine neue Berechnung der Bahn des Siriusbegleiters hat H. J. Zwiers geliefert[1]) wobei er die Beobachtungen auf M. Hamilton 1898 und 1899 benutzen konnte. Wegen der grossen persönlichen Fehler in den Distanzmessungen beruht die Bahnverbesserung ausschliesslich auf gemessenen Positionswinkeln des Begleiters. Die erhaltenen Bahnelemente sind folgende:

$T = 1894.09$	$i = 46^{0}\ 1.9'$
$M = -7^{0}\ 37069$	$\Omega = 44^{0}\ 30.2'$ (1900.0)
$P = 48.8421$ Jahre	$\pi - \Omega = 212^{0}\ 6.8'$
$e = 0.5875$	

Beim Vergleiche dieser Bahnelemente mit den Auwers'schen muss für letztere der Einfluss der Präzession berücksichtigt werden. Dadurch erhält man $M = -7.2877^{0}$ und $P = 49.360$ Jahre.

Die Bahn des Procyon ist in neuerer Zeit von Dr. See berechnet worden, der dafür eine Ellipse mit starker Exzentrizität fand, und die auch den Positionswinkel des aufgefundenen Begleiters annähernd wiedergiebt. Prof. Auwers hat indessen gefunden, dass durch diese Bahn die nunmehr für einen Zeitraum von 148 Jahren vorliegenden Meridianbeobachtungen des Procyon und auch die von O. Struve 1851 bis 1890 ausgeführten, sehr genauen Deklinationsanschlüsse nicht dargestellt werden. Indem Auwers zu einer neuen Berechnung die Meridianbeobachtungen für Rektaszension und die Struve'schen Beobachtungen für Deklination benutzte, fand er als Bahn des Procyon eine Ellipse von mässiger Exzentrizität (0.2), wodurch aber die Beobachtungen des Begleiters nicht dargestellt werden, so dass das Ergebnis wieder als zweifelhaft betrachtet werden muss. Nach Ansicht von Prof. Auwers werden erst weitere Beobachtungen die Verhältnisse in diesem Doppelsternsystem klarstellen können[2]).

Die Bahn von η Aquilae. Dieser Veränderliche zeigt wie β in der Leyer in jeder Periode des Lichtwechsels zwei Maxima der Helligkeit, die durch ein sekundäres Minimum unterbrochen sind, allein das zweite Maximum ist bei weitem nicht so deutlich als bei β in der Leyer. Diese beiden Veränderlichen haben auch weisses Licht, und da die Ursache des Lichtwechsels von β in der Leyer in der gegenseitigen Verdeckung mehrerer um einander laufender Sterne erkannt worden ist, so liegt es nahe, bei η im Adler an die gleiche Ursache zu denken. Der Beweis hierfür lässt sich nur spektroskopisch führen durch den Nachweis einer periodischen Bahn-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3588.

[2]) Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wissens. 1898. 54. p. 854.

bewegung des Sterns von der nämlichen Zeitdauer, welche die Periode des Lichtwechsels besitzt. Diesen Nachweis lieferte 1895 Dr. A. Belopolsky, indem er aus der Verschiebung der Linien im Spektrum von η im Adler eine veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes in der Gesichtslinie zur Erde erkannte, die eine Umlaufsbewegung in der nämlichen Zeit zeigt, in welcher der Stern einmal seinen Lichtwechsel vollendet. Solche spektrophotographischen Aufnahmen sind im Sommer 1898 auf der Lick-Sternwarte von Campbell und Wright am 36 zölligen Refraktor wiederholt worden[1]). Das Spektrum von η im Adler zeigt einige Ähnlichkeit mit demjenigen des Veränderlichen δ im Cepheus, doch sind in letzterem die Linien schärfer; im allgemeinen nimmt es eine Mittelstellung zwischen dem Spektrum des I. und II. Typus ein. Die Linien sind meist etwas breit und verwaschen und daher für genaue Messungen nicht sehr geeignet, doch ist durch Zuhilfenahme von ziemlich vielen (im ganzen 32) Linien die Genauigkeit des Endresultates der Messungen merklich erhöht. Im ganzen sind 28 Spektrogramme erhalten und untersucht worden, von denen aber eins, welches sehr abweichende Werte ergab, ohne dass die Ursache des Fehlers zu ermitteln war, ausgeschlossen wurde. Durch diese Aufnahmen wird die Geschwindigkeit des Sterns in der Gesichtslinie zur Erde hin und werden ebenso viele Punkte seiner Lichtkurve bestimmt und daraus kann die wahre Bahn, welche der sichtbare Stern gleichzeitig mit einem uns unsichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beider beschreibt, berechnet werden. Diese Rechnungen hat W. H. Wright ausgeführt und findet, dass der Stern η innerhalb der Zeit von 7.176 Tagen, welche der Periode seines Lichtwechsels entspricht, eine Ellipse beschreibt, deren Exzentrizität 0.489 beträgt. Der mittlere Abstand vom Schwerpunkte beträgt mindestens 1.545000 *km*, und die Geschwindigkeit, mit der sich das ganze System in der Gesichtslinie zur Erde bewegt, ist — 14.16 *km* in der Sekunde. Die beobachteten grössten Geschwindigkeiten betragen — 30.6 und + 11.4 *km* in der Sekunde. Das Periastrum liegt 68.91^{0} vom aufsteigenden Knoten, und der Stern erreicht es 6.210^{d} nach dem Hauptmaximum; 3.2^{d} und 6.4^{d} nach dem Hauptmaximum steht η in denjenigen Teilen seiner Bahn, in welchen die Bahngeschwindigkeit in der Richtung gegen die Erde gleich Null ist, in denen der Stern sich also senkrecht zur Gesichtslinie zur Erde bewegt. Die Zeitpunkte, in denen die beiden Sterne des Systemes einander für den Anblick von der Erde decken müssen, treten ein 3.7^{d} und 6.3^{d} nach dem Hauptmaximum. Zu diesen Zeitpunkten sollte also der Veränderliche sein schwächstes Licht zeigen, falls die Lichtänderungen lediglich durch Verdeckung der beiden Sterne entständen. Dies findet aber nicht statt, denn nach den obigen Angaben ist der Stern in seinem schwächsten Lichte 1.7^{d} und 4.9^{d} nach dem Hauptmaximum. Sonach muss man schliessen,

[1]) Astrophys. Journal 1899. 9. No. 2. p. 59.

dass der Lichtwechsel keineswegs einfach durch gegenseitige Verdeckung zweier Sterne entsteht, sondern dass andere Umstände hier wirken oder mitwirken. Über diese kann man mehrere Hypothesen aufstellen, am besten ist es aber, weitere Untersuchungen abzuwarten und die Frage bis dahin offen zu lassen.

Die Parallaxe eines Sterns in der Nähe von 61 Cygni. Die Untersuchungen von Prof. Wilsing über die Parallaxe von 61 Cygni haben das Resultat ergeben, dass die beiden Komponenten dieses Doppelsterns nicht genau die gleiche Eigenbewegung besitzen, sondern in ihrer gegenseitigen Lage sich kleine Schwankungen im Verlaufe von etwa 20 Monaten zeigen. Prof. Schur hat deshalb im Herbste 1897 am Göttinger Heliometer eine neue Bestimmung der Parallaxe von 61 Cygni begonnen, wobei jede der beiden Komponeten dieses Doppelsterns für sich an vier Vergleichssterne angeschlossen wurde. Diese Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen, indessen hat sich dabei das sehr überraschende Resultat ergeben, dass einer der Vergleichssterne selbst eine Parallaxe haben muss, die nahe so gross ist als die Parallaxe von 61 Cygni selbst. Dieser Stern ist 7.8 Grösse, und sein Ort am Himmel (für 1900) $\alpha = 20^h\, 55^m\, 20^s$ $\delta + 37^0\, 32.5'$; seine Parallaxe möchte nahezu 0.6″ betragen. Um diese Frage zu entscheiden, wird Prof. Schur speziell Untersuchungen über diesen Stern anstellen[1]).

Die Parallaxe der Sterne Σ 1516 A und AOe 11677 sind von Östen Bergstrand durch Messungen auf einer Anzahl photographischer Clichés untersucht worden[2]). Für den erstgenannten Stern, den Hauptstern des optischen Doppelpaares Σ 1516 haben Winnecke[3]) und Berberich[4]) provisorisch eine Parallaxe von 0.2″ bis 0.3″ gefunden. L. de Ball[5]) fand dieselbe zu 0.104″. Bergstrand bestimmte sie nun aus 14 Clichés zu $0.080'' \pm 0.011''$.

Der Stern AOe 11677 ist bemerkenswert durch seine starke Eigenbewegung, und Geelmuyden hat bei ihm eine Parallaxe von 0.4″ gefunden[6]) während Franz aus Heliometermessungen diese Parallaxe zu 0.1002″ bestimmte[7]). Das von Bergstrand aus Messungen an neun photographischen Clichés abgeleitete Resultat ist $\pi = 0.192'' \pm 0.013''$.

Versuche zur Ermittelung der Wärmestrahlung einiger Fixsterne. Vor fast 30 Jahren hat W. Huggins[8]) und etwas

[1]) Astron. Nachr. No. 3590.
[2]) Astron. Nachr. No. 3593.
[3]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellschaft 14. Jahrg. 1879. p. 167.
[4]) Astron. Nachr. (1885) No. 2624.
[5]) Mém. Acad. royale de Belgique 1887. t 49.
[6]) Astron. Nachr. No. 2287. 2666.
[7]) Astron. Beobachtungen d. Sternwarte Königsberg 38 (1891).
[8]) Proceed. Royal Society 1869 17. p. 309.

später Stone[1]) Untersuchungen über die Wärmestrahlung einiger der hellsten Sterne angestellt und relativ sehr merkliche Werte erhalten. Stone fand u. a., dass die Wärmestrahlung des Arktur bei einer Höhe des Sterns von 25° über dem Horizont derjenigen gleich ist, welche ein mit siedendem Wasser gefüllter Leslie'scher Würfel von 3 Zoll Seitenlänge in 400 Yards Entfernung hervorbringt. Die Wärmestrahlung der Wega fand sich zu $^4/_9$ von derjenigen des Arktur. Die von beiden Beobachtern erhaltenen Werte für die Wärmestrahlung gewisser Fixsterne sind jedoch später als nicht einwandfrei betrachtet worden. Im Jahre 1890 teilte Prof. C. V. Boys die Ergebnisse seiner bezüglichen Versuche mittels eines 16 zölligen Reflektors und eines überaus empfindlichen Radiomikrometers mit[2]). Dieser Apparat war sehr viel empfindlicher als die Vorrichtungen, deren sich Huggins und Stone bedienten, und mittels desselben konnte die Wärmestrahlung einer Kerze aus einer Entfernung von 1.71 engl. Meilen erkannt werden. Indessen zeigte er keine Spur von Wärmestrahlung bei Wega, Capella oder Arktur. In jüngster Zeit hat Prof. E. F. Nichols das Radiometer vervollkommnet und zur Messung von Wärmestrahlungen geschickt gemacht, so dass dieser Apparat für gewisse Zwecke dem Radiomikrometer und dem Bolometer erheblich überlegen ist. Einer Einladung Prof. Hales folgend, hat Prof. Nichols 1898 mittels seines Apparates auf der Yerkes-Sternwarte Versuche zur Ermittelung der Sternwärme angestellt[3]). Der Apparat besitzt eine so grosse Empfindlichkeit, dass durch die Wärme einer Kerze, die sich in 15 engl. Meilen Entfernung befindet, ein Ausschlag von 0.1 *mm* hervorgerufen wird, der deutlich erkennbar ist. Im allgemeinen ist Prof. Nichols' Radiometer fünffach empfindsamer als Boys' Radiomikrometer. In der ersten Hälfte des August wurden an sieben Abenden Untersuchungen über die Wärmestrahlung des Arktur angestellt. Jede Bestimmung beruhte auf 21 bis 47 Ablenkungen und der wahrscheinliche Fehler der entsprechenden Mittelwerte liegt zwischen 0.08 *mm* und 0.17 *mm*. Wega wurde ebenfalls an sieben Abenden beobachtet und gab im Mittel eine Ablenkung von 0.27 *mm*. Das Verhältnis der Wärmestrahlung von Arktur zu Wega fand sich in fünf Nächten = 2.1, 2.0, 3.0, 2.3, 1.0, im Durchschnitt = 2.1, ohne Berücksichtigung der atmosphärischen Absorption. Diese Ergebnisse verdienen Vertrauen, wenngleich auf die Zahlenwerte als solche nicht allzu viel Gewicht zu legen ist. Jedenfalls zeigen sie aber, dass Arktur uns nicht mehr Wärme zusendet, als eine Kerze aus 5 bis 6 engl. Meilen Entfernung, ohne die atmosphärische Absorption zu berücksichtigen.

---

1) a. a. O. 1870 18. p. 159.
2) a. a. O. 1890 47. p. 480.
3) Astrophysical Journal 1899. 9. p. 360.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Die scheinbare Helligkeit von Nebelflecken und Sternhaufen ist von Dr. J. Holetschek studiert worden. Derselbe hat sich darüber in der Astronomen-Versammlung zu Budapest des Nähern verbreitet.

»Bei den Sternhaufen,« sagt er, »kann sich noch mehr als bei den Kometen und Nebelflecken der Umstand bemerkbar machen, dass der Helligkeitseindruck oder die Wahrnehmbarkeit nicht allein von der Helligkeit und Anzahl, sondern auch von den wechselseitigen Distanzen der einzelnen Komponenten, also auch von den Dimensionen des ganzen Objektes abhängt, und daher ist bei vielen dieser Objekte das Verfahren, den Grad der Wahrnehmbarkeit dadurch zu bestimmen, dass man das Objekt mit dem schwächsten optischen Instrumente, in dem es noch sichtbar ist, eventuell auch mit blossen Augen betrachtet und von den benachbarten Sternen diejenigen angiebt, welche so leicht oder so schwer wie das ganze Objekt gesehen werden können, ganz besonders am Platze.

Trotzdem lässt aber auch dieses Verfahren noch manche Unsicherheiten, ja sogar Unbestimmtheiten bestehen.

Besitzt der Sternhaufen einen hellern Stern, um den die andern hinreichend dicht gelagert sind, so lässt sich der Helligkeitseindruck auch bei grösserer Ausdehnung des ganzen Objektes in relativ enge Grenzen einschliessen. So finde ich die Plejadengruppe, die dem kurzsichtigen Auge als stark granulierte Nebelmasse ohne einen bestimmt erkennbaren Stern erscheint, bezüglich ihrer Wahrnehmbarkeit nahe an $1^1/_2$ Grösse, nämlich entschieden auffallender als die Sterne 2. Grösse, aber weniger als die 1. Grösse, wozu bemerkt werden soll, dass der Rechnung zufolge die sechs hellsten Plejadensterne vereinigt einen Stern von der Grösse 2.1 geben würden, eine Grössenklasse, die durch Hinzurechnung der schwächern Sterne nicht mehr wesentlich erhöht wird, indem z. B. die 69 von Elkin beobachteten, bis 9.2 Grösse reichenden Plejadensterne einen Stern 1.8 Grösse geben würden.

Weniger sicher wird die Ermittelung der Wahrnehmbarkeit, wenn sich an keiner Stelle des Sternhaufens ein entschiedenes Übergewicht zeigt, und die gleich hellen Sterne ziemlich gleichmässig verteilt sind, so bei der 1° im Durchmesser haltenden Krippe im Krebs, für die ich aus Beobachtungen ihres Sichtbar- oder Unsichtbarwerdens in der Dämmerung $3^1/_2$—4. Grösse gefunden habe, während Houzeau 4.5 Grösse angegeben hat. Der Rechnung zufolge würden die Praesepe-Sterne vereinigt einen Stern gut 4. Grösse geben, nämlich die in der Abhandlung von Schur enthaltenen 45 Sterne 3.8 oder 3.9 Grösse; den letztern Wert liefern zufällig auch die von Hall beobachteten 151 Sterne, die zwar viel zahlreicher, aber gegen die Bonner Durchmusterung wesentlich schwächer geschätzt sind. Ständen die Sterne der Plejadengruppe wesentlich weiter auseinander, so würden die hellern auch von kurzsichtigern Augen einzeln gesehen werden; ständen die Sterne der Praesepe wesentlich weiter auseinander, so würden wir, da selbst die hellsten nicht viel höher als 7. Grösse sind, mit blossen Augen von der ganzen Gruppe gar nichts sehen. Diesen Verhältnissen analoge kommen unter den Sternen thatsächlich vor, nämlich bei den zerstreuten Sternhaufen, die wir bei Herschel in der VIII. und zum Teil auch schon in der VII. Klasse finden. Hier können die Sterne bei Betrachtung mit immer schwächern optischen Mitteln einzeln unsichtbar werden, bevor sie noch zur Ermittelung ihres Gesamthelligkeitseindruckes vereinigt werden konnten. Stehen aber auch nur zwei oder drei der hellern Sterne einander hinreichend nahe, so können sie in ihrer Vereinigung als Objekt erscheinen, dessen Wahrnehmbarkeit nahe so gross ist wie die Summe der Helligkeiten

der einzelnen Sterne. So ist im Monoceros bei $\alpha = 94.4^\circ$, $\delta = +11.3^\circ$ eine Gruppe von vier oder, wenn man einen noch weiter abstehenden hinzurechnet, fünf Sternen $7^1/_2$ Grösse bis $8^1/_2$ Grösse in Distanzen von 2, 4, 7 und 12 Bogenminuten, die in keinem Nebelkatalog vorkommt, aber dem normalen unbewaffneten Auge als Nebelfleck erscheint, und zwar von der Wahrnehmbarkeit eines Sternes 6. Grösse, welchen Wert übrigens auch die Summation der erwähnten Sterne liefert. Hier kann also die Antwort auf die Frage, ob eine Sterngruppe als ein einziges Objekt angesehen werden darf, nur eine relative sein, während es in manchen andern Fällen gänzlich zweifelhaft bleibt, ob man eine Gruppe von Sternen als zusammengehörend betrachten darf oder nicht.

Ähnlich wie die zerstreuten Sternhaufen verhalten sich bezüglich der Bestimmung ihres Helligkeitseindruckes auch jene Nebelflecke, die, wie der Merope-Nebel, als weit ausgedehnte, ziemlich gleichförmig erhellte, aber lichtschwache Flächen erscheinen und dieses Aussehens wegen entweder gar keine oder doch nur eine sehr fragliche Bestimmung ihrer Wahrnehmbarkeit gestatten. Ein solches Objekt war in den letzten Jahren auch der Komet 1895 III.

Trotz dieser Einschränkungen bilden jene Nebelflecke und Sternhaufen, deren Wahrnehmbarkeit nach dem angedeuteten Verfahren thatsächlich beobachtet werden kann, die weitaus überwiegende Mehrzahl, und man ist daher in der Lage, für den Gesamthelligkeitseindruck der meisten dieser Objekte mehr oder minder sichere Zahlen anzugeben. Das habe ich nun für einen grossen Teil der Nebelflecke, insbesondere für die, welche bei Herschel die I. und II. Klasse bilden, und ebenso auch für Sternhaufen gethan oder wenigstens versucht, und zwar je nach dem Objekt mit dem 6-zölligen Fraunhofer'schen Refraktor, dem daran angebrachten $1^1/_2$-zölligen Sucher, einem Opernglase oder mit blossen Augen.

Obwohl die erhaltenen Zahlen von den Fixsterngrössenklassen wesentlich verschieden sind und für sich allein keine Vorstellung von den betreffenden Objekten selbst geben, indem sie nur das Produkt der Flächenhelligkeit und der scheinbaren Grösse darstellen, so drängt sich trotzdem die Frage auf, ob sie nicht vielleicht doch mit den Fixsterngrössen irgend welche Analogien zeigen, und insbesondere die, ob das bei den Fixsternen auftretende Verhältnis, dass jede Grössenklasse ungefähr dreimal so viel Sterne enthält als die vorhergehende, auch hier zu bemerken ist. Das ist nun in der That der Fall. Trennt man aber die Sternhaufen von den eigentlichen Nebeln, so zeigt sich die Zunahme bei den erstern nicht in demselben Masse wie bei den letztern. Ob dieser Umstand seinen Grund nur in der Lückenhaftigkeit des bisher erhaltenen Beobachtungsmaterials oder in der Unvollkommenheit des hier eingeschlagenen Verfahrens hat, indem sich ja weit zerstreute Sternhaufen der Beobachtung ihres Gesamthelligkeitseindruckes fast ganz entziehen, und das Beobachtungsmaterial schon aus diesem Grunde unvollständig ist, oder ob er vielleicht doch einen reellen Untergrund hat, z. B. den, dass die Sternhaufen, die bekanntlich fast alle in und nahe der Milchstrasse liegen, bezüglich ihrer Weltstellung zur Milchstrasse thatsächlich in einem andern Verhältnisse stehen als die Nebelflecke, deren Häufigkeit von der Milchstrasse gegen die Pole derselben zunimmt; in jedem Falle habe ich die Absicht, diese Beobachtungen auf eine möglichst grosse Zahl von Objekten auszudehnen, wobei es aber geboten erscheint, die Beobachtungen mancher Objekte mit andern Instrumenten, welche bezüglich ihrer optischen Kraft zwischen den bisher benutzten liegen, zu wiederholen.

Um wenigstens einige der gefundenen Zahlen vorführen und zugleich eine Anwendung derselben zeigen zu können, benutzte ich den Umstand, dass schon mehrmals Kometen bezüglich ihres Aussehens mit bestimmten Nebelflecken verglichen worden sind. Ein solcher ist der Komet von 1779, den Messier während seiner Helligkeitsabnahme in Bezug auf Licht und Grösse mit nicht weniger als vier Nebeln verglichen hat. Für diese habe

ich durch meine Beobachtungen die hier beigesetzten Grade der Wahrnehmbarkeit gefunden, durch welche sich die Helligkeiten des Kometen in eine ganz befriedigende Übereinstimmung bringen lassen.

1779 März	21.	Komet wie	Messier No.	3	6.5 Grösse
„	27. u. 28.	„ „	„ „	53	7. „
April	22.	„ „	„ „	49	8.7 „
Mai	17.	„ schwächer als	„ „	61	9.5 „

Der letzte dieser Nebel ist identisch mit dem Sterne der Bonner Durchmusterung + 5° 2619, und bekanntlich sind in der nördlichen Bonner Durchmusterung verhältnismässig viele Nebelflecke als einfache Sterne mit einer Grössenbezeichnung angegeben, ein Umstand, der zwar die Anzahl der in der Bonner Durchmusterung enthaltenen Nebel kleiner erscheinen lässt, als sie thatsächlich ist, aber insofern von Bedeutung ist, als durch diese Zahlen, wenn auch unabsichtlich, der Grad der Wahrnehmbarkeit der betreffenden Nebel gegeben worden ist.

Auch die folgenden Nebel sind, wenn auch nicht durchgehends in Bezug auf den Gesamthelligkeitseindruck, als Vergleichsobjekte für Kometen benutzt worden:

Komet		Komet
Messier 31 (Andromedae)	5.3 Grösse	1748 I, 1790 III, 1850 I u. a.
„ 92 (Herculis)	6. „	1781 I
„ 2 (Aquarii)	6.5 „	1747
„ 81 (Ursae maj.)	7.7 „	1781 II
„ 79 (Leporis)	8. „	1781 II
„ 1 (Tauri)	8. „	1758.

Ein besonderes Augenmerk habe ich auch auf diejenigen Nebel gerichtet, die in den Verdacht der Veränderlichkeit gekommen sind, und von diesen habe ich insbesondere jene zwei, auf welche Winnecke aufmerksam gemacht hat, seit 1886 verfolgt, nämlich:

G.C. 551 $\alpha = 2^h\ 23.4^m$ $\delta = -\ 1°\ 44'$
G.C. 2405 $= 11\ \ 17.2$ $= +\ 12\ \ 7$ } 1860.0.

Der erste dieser Nebel, welchem 3 Zeitminuten 3′ südlich der wesentlich hellere G.C. 544 vorangeht, erscheint mir im 6-zölligen Refraktor beim ersten Anblicke gewöhnlich wie ein verwaschen aussehender Fixstern $11^1/_2$ Grösse, als Nebel nur bei genauerer Betrachtung und klarer Luft. Ähnlich zeigt sich der andere, in der Nähe des Sternes 6. Grösse (Heis), 128 Leonis stehende Nebel. Eine Veränderlichkeit habe ich bisher an keinem dieser Nebel konstatieren können, denn die bemerkten Unterschiede halten mit den Verschiedenheiten im Luftzustand so sehr gleichen Schritt, dass zur Annahme von reellen Änderungen kein Zwang vorliegt.«

Der Sternhaufen N G K 6523 (M 8) in α $17^h\ 57.6^m$ D. — 24° 22′ ist von J. Comas Solá auf dem Observatorium Català, Sant Feliu de Guixols, Girona, trigonometrisch vermessen worden[1]. Im ganzen wurden die Positionen von 15 Sternen 7.1 bis 10.4 Grösse festgelegt. Einer dieser Sterne (9.6 Grösse) ist ein Doppelstern von 4.0″ Distanz. Der Sternhaufen wird nach Solá von einer doppelten Nebelhelligkeit umhüllt. Ein Nebelzentrum um einen Stern 7.1 Grösse ist auf einer Photographie, die mit 75^m Exposition gewonnen wurde, ziemlich hell. Ein anderer, ausgedehnter, diffuser und länglicher Nebel projiziert sich auf dem mittlern Teile des Haufens. Die photographische Aufnahme zeigt, dass dieser Haufen aus 60 Sternen besteht, deren schwächste 13. Grösse sind.

[1]) Astron. Nachr. No. 3535.

Neue Nebelflecke und Sternnebel sind auf der Arequipa-Station der Harvard-Sternwarte mit dem photographischen Bruce-Teleskop entdeckt worden [1]). Dr. de Lisle Stewart, dem im letzten Jahre die Arbeit an diesem Instrumente aufgetragen war, hat es erreicht, selbst nach mehrstündigem Exponieren doch vollkommen runde Sternbilder auf den Platten zu erhalten. In jüngster Zeit hat er eine bisher unbekannte interessante Gruppe von Nebeln zwischen $3^h\ 10^m$ und $3^h\ 50^m$ Rektasz. und — 49° 50′ bis — 53° 40′ Dekl. (für 1900) aufgefunden, die auf zwei Platten vom 14. und 20. Oktober 1898 enthalten sind. Im ganzen gehören in diese Gruppe 46 Objekte, aus länglichen und sternförmigen Nebeln bestehend, von denen nur zwei mit Nebeln in Dreyer's neuem General-Kataloge der Nebelflecke identisch sind. Vier unter diesen Nebeln scheinen spiralförmig zu sein.

Neue lichtschwache Nebelflecke in der Nähe des Spiralnebels in den Jagdhunden. Prof. James E. Keeler hat auf der Lick-Sternwarte mit dem grossen Crossley-Reflektor photographische Aufnahmen von 3 und 4 Stunden Expositionsdauer gemacht, um eine Darstellung des Spiralnebels in den Jagdhunden (M 51) zu erhalten. Bei diesen Aufnahmen sind in der unmittelbaren Nähe des Nebels nicht weniger als sieben kleine, lichtschwache Nebel photographisch konstatiert worden, die mit dem grossen Spiralnebel in keiner Verbindung stehen. Auf der photographischen Platte sind diese neuen Nebel sehr augenfällig. Als Prof. Keeler sie am 36-zolligen Refraktor aufsuchte, erschienen aber selbst die hellsten an der Grenze der Wahrnehmbarkeit in diesem grossen Instrumente. Die ganze Umgebung des grossen Nebels scheint mit kleinen Nebelflecken übersäet zu sein, die anscheinend nicht miteinander in Verbindung stehen [2]).

Nebelflecke-Aufnahmen auf photographischem Wege zu Meudon sind von A. Rambourdin erhalten worden [3]). Es diente dazu ein Spiegel von 1 *m* Durchmesser und 3 *m* Brennweite. Die Photographien zeigen beim Ringnebel der Leyer und bei dem sogenannten Dumbellnebel im Fuchs Gestalten der Nebelmaterie, die beim Beobachten dieser Gebilde am Fernrohre nicht geahnt werden können. In der Gegend der Plejaden hat Rambourdin die langen nebeligen Streifen wieder gefunden, die schon die Gebr. Henry photographiert hatten.

Der grosse Nebelfleck in der Andromeda. Eine Zusammenstellung der Beobachtungen über dessen Kern und in der Nähe desselben wahrgenommenen Sternpunkte giebt Dr. E. Hartwig [4]). Derselbe führt folgendes aus:

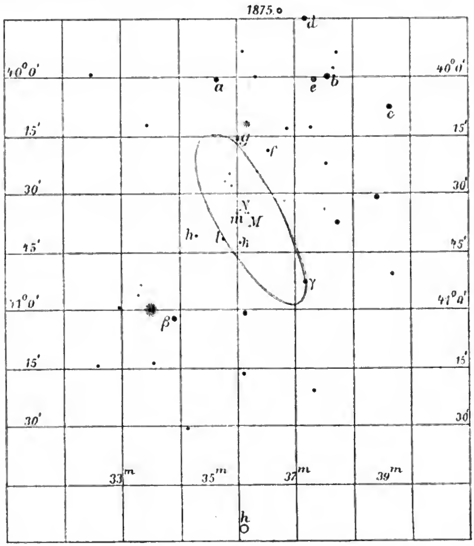
---

[1]) Harvard College Observatory, Circular No. 38
[2]) Monthly Notices 1899. 59. No. 9. p. 537
[3]) Compt. rend. 126 p. 380.
[4]) Astron. Nachr. No. 3529.

»Seit dem Aufleuchten eines neues Sternes in nächster Nachbarschaft des optischen Mittelpunktes des grossen Andromedanebels zwischen dem 17. und 20. August 1885 und seit seinem Wiederverschwinden sind in den folgenden Jahren wiederholt Meldungen über ein Wiederaufleuchten dieses Sternes oder überhaupt über die Erscheinung eines Sternes in oder nahe seinem Zentrum gemacht worden, auch in jüngster Zeit durch die Vermittelung der Sternwarte Greenwich von einer Privatsternwarte in Griechenland, welche Meldung durch ein in No. 3521 der »Astron. Nachr.« abgedrucktes Telegramm aus Pulkowo mit den Worten beglaubigt wurde: »Seraphimoff bestätigt eine sternartige Verdichtung nahe dem Zentrum des Andromedanebels.« Auf der Astronomen-Versammlung in Budapest nahm ich Veranlassung, über diese Meldungen zu sprechen und zu sagen, dass dieselben meist auf Verwechselungen des Ortes der Nova 1885 mit dem Nachbarsterne 11. Grösse, der in der beigegebenen Skizze (S. 121) mit *m* bezeichnet ist oder mit dem optischen Mittelpunkte des Nebels selbst zu beruhen scheint, und dass es daher wünschenswert sei, zum Gebrauche am Fernrohre durch eine gute Zeichnung, wie sie in wissenschaftlichen Schriften noch nicht gegeben ist, die Lage der Nova 1885 zu veranschaulichen, da hierdurch besser als durch alle Beschreibungen mit einem Blicke die Verhältnisse klar erkannt werden. Die Abbildungen von Herschel und Bond sind mir nicht zugänglich, und die von Trouvelot im VIII. Bande der Annalen des Harvard College Observatory giebt alle Sterne von gleicher Grösse an und gestattet keine Identifizierung derselben, zumal sie auch nicht alle richtig eingezeichnet sind. Lamont's Abbildung im XVII. Bande der Annalen der Münchener Sternwarte giebt nur die zentrale Verdichtung der drei Nachbarsterne an und ermöglicht daher keine Orientierung. Indem ich hier diese Zeichnung liefere, erlaube ich mir, noch der festen Überzeugung Ausdruck zu geben, dass alle diese Meldungen, abgesehen von den oben genannten Verwechselungen, auch aus einer nicht genügenden Kenntnis der Litteratur über diesen Nebel und einer nicht genügend langen Bekanntschaft mit seinem Anblicke im Fernrohre hervorgegangen sind. Ich habe in allen Jahren seit 1885 und zu verschiedenen Jahreszeiten mit Ausnahme der Monate April und Mai durch zahllose Beobachtungen, zu denen besonders die Gefälligkeit gegen Besucher der Sternwarte Veranlassung gab, den Eindruck gewonnen, dass in der nicht ganz zentrisch gelegenen stärksten Verdichtung bei günstigen Luftverhältnissen starke Vergrösserungen fast immer ein feines Sternchen erkennen lassen, das mehr aufzublitzen, als beständig sichtbar zu bleiben scheint. Die in den Herbstmonaten bessern Luftverhältnisse lassen es auch mit relativ schwächern Vergrösserungen erkennen, und dieser Umstand ist dann Veranlassung zu solchen Meldungen, die fast immer in diese Zeit fallen. Die Existenz dieses Sternchens ist längst bekannt, während es nicht an alten und neuern Zeugnissen fehlt, die dieselbe ausdrücklich verneinen. Bei diesen lassen sich

aber ungezwungen die ungenügenden optischen Hilfsmittel oder die ungünstigen Luftzustände als Erklärung geltend machen.

Die ältesten Nachrichten kennen das Sternchen nicht. Simon Marius vergleicht 1612 das Aussehen des Nebelfleckes mit einer durch dünnes Horn schimmernden Kerze, womit Legentil in der Mitte des 18. Jahrhunderts einverstanden ist, und Messier sagt am 3. August 1764 ausdrücklich: »man erkennt keinen Stern darin.«



M = Mitte des Nebels (stärkste Verdichtung.)
N = Nova von 1885.

Skizze des Nebels in der Andromeda mit den umgebenden Sternen.

Lamont giebt 1836 den Durchmesser des Kernes zu 6.9″ an, sah also nichts Sternartiges. Sein Stern *a* ist Stern *m* der Zeichnung. Schönfeld sagt am 23. September 1862: »gleichmässig dunstig. Helle Mitte von 8′ Durchmesser, aussen sehr verwaschen, nach innen stufenweise heller, mit schönem Kerne = 10.11 Grösse, ganz sternartig, in der Mitte; gut zu beobachten. Viele kleine Sterne im Nebel. Nur in günstigen Momenten länglich, P. W. 145°.« Am 5. Okt. 1863 heisst es: »der Kern ist recht gut zu beobachten« und am 21. Jan. 1868: »Der Kern tritt selbst durch dünne Wolken gut hervor.« Dagegen

spricht d'Arrest am 12. August 1863 nur von einem Kerne: (Nox serenissima) stella 12 magn. praec. nucleum per 11.26^s nonnihil australior«, und am 30. Juli 1865 »(non exquisite serenum) stella 11.12 magn. praec. nucleum 11.6^s, paullo australior«. Aber Schultz sagt (A. N. 2682) am 5. August 1867: »Der eingestellte Punkt ist planetenähnlich, 2″ bis 3″ gross« und am 21. August 1875: »Kern sehr deutlich, dessen zentraler Teil wie ein Stern 10^m«, ferner am 27. August 1875: »Der Stern im Kerne 10.11 Grösse.«

Aus dem Jahre 1885 liegen die folgenden Berichte vor. R. Spitaler (A. N. 2681. 2731): »Am 2. September sah ich mir den Stern (die Nova) mit dem grossen Refraktor an und mass seinen Abstand vom benachbarten Lichtknoten, in welchem ich ganz deutlich bei 1200facher Vergrösserung ein sehr kleines Sternchen schimmern sah, zu $\varDelta\alpha = -1.12^s$, $\varDelta\delta = -5.07''$.« R. Engelmann (A. N. 2683, p. 324): »Der Nebelkern zeigte an den meisten Abenden eine sehr feine sternförmige Mitte, fast einem Sternchen 11^m bis 11.5^m gleich; nur am 1. September erschien er unbestimmter und verwaschener, und rührt hiervon jedenfalls die grössere Abweichung in $\varDelta$ her. In der Nebelmaterie, die um Stern (Nova) und besonders Kern am dichtesten war und hauptsächlich in die Längsrichtung des Nebels fiel, schimmerten an verschiedenen Stellen schwache Lichtfleckchen und schwächste Sternchen.« H. G. van de Sande Bakhuyzen (A. N. 2683, p. 323): »Am 14. und 15. September sah ich bei starker Vergrösserung ein feines Lichtpünktchen in der hellen Partie des Nebels, welche dem neuen Sterne in Rektaszension folgt. Ich bestimmte den Positionswinkel des kleinen Sternchens in Bezug auf den neuen Stern, sowie den gegenseitigen Abstand, und fand Sternchen — Nova $\varDelta\alpha = +1.32^s$, $\varDelta\delta = +3.03''$. Aus Messungen der Rektaszensions- und Deklinationsunterschiede zwischen der Nova und dem um 9.38^s vorangehenden Sterne 11. Grösse (Stern *m*) folgt, dass das kleine Sternchen sich in der Mitte des hellen Kernes des Andromedanebels befindet«. E Hartwig (A. N. 2685, p. 360): »Die Vergleichung ergiebt, dass der neben dem aufgeflammten Sterne sichtbare Nebelknoten, in welchem ich am Sonnabende, den 19. September, bei endlich einmal günstig gewordener Luft ein schwaches Sternchen deutlich wiederholt aufblitzen sah, identisch ist mit der alten stärksten Verdichtung des Nebels . . .« E. Millosevich (A. N. 2689, p. 15): »Nella parte più lucida del centro della nebulosa vedesi con un ingrandimento di 300 un puntino più distinto . . . .«

Genau so, wie es in diesen Zitaten geschildert ist, verhielt es sich in den Jahren bisher, und verhält es sich jetzt mit dem Aussehen der Verdichtung nahe dem Zentrum des Andromedanebels, und keine Meldung seit 1886 über Veränderungen daselbst hat irgend etwas Neues berichtet.«

Das Spektrum des Andromedanebels wurde von Prof. J. Scheiner aufgenommen und untersucht. Er bemerkt hierüber[1]):

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3549.

»Die kontinuierlichen Nebelspektra sind wegen ihrer Lichtschwäche bisher nur wenig erforscht. In dem Spektrum des noch sehr gut auflösbaren Sternhaufens im Herkules, Messier 13, hat H. C. Vogel dunkle Streifen erkennen können, eine Messung derselben und damit eine Feststellung der Natur des Spektrums war aber nicht möglich. Als allen kontinuierlichen Nebelspektren gemeinsam stellte H. C. Vogel eine Verschiebung des sonst im Gelb gelegenen Maximums der Intensität nach dem Grün fest; es ist heute bekannt, dass diese Beobachtung auf physiologische und nicht auf physikalische Ursachen zurückzuführen ist. Angaben anderer Beobachter über die kontinuierlichen Nebelspektra sind mir nicht bekannt.

Mit einem kleinen Spektrographen, der in Verbindung mit einem Spiegel von 32 *cm* Öffnung und 96 *cm* Brennweite eine ganz besondere Lichtstärke für Objekte mit Flächenausdehnung besitzt, liess sich das ausser dem Gasspektrum vorhandene kontinuierliche Spektrum des Orionnebels sehr leicht aufnehmen, und dies veranlasste mich, auch Aufnahmen des Adromedanebelspektrums zu versuchen. Bei einer Expositionszeit von $3^1/_2$ Stunden erschienen die ersten Spuren desselben, wobei ein kräftiges Absorptionsband, welches ich für die $H\gamma$-Linie hielt, deutlich erkennbar war. Dies bewog mich, in der Expositionszeit noch weiter zu gehen, und so erhielt ich mit Unterstützung von Dr. Ludendorff am 4. und 5. Januar v. J. eine Aufnahme des Spektrums vom Andromedanebel von $7^1/_2$ Stunden Expositionszeit. Auf derselben ist das kontinuierliche Spektrum recht deutlich von F bis H_1 zu erkennen, und schwache Spuren erstrecken sich weit ins Ultraviolett hinein. Eine Vergleichung dieses Spektrums mit dem im gleichen Apparate aufgenommenen Sonnenspektrum ergab eine überraschende Übereinstimmung beider, sogar in Bezug auf die relativen Intensitäten der einzelnen Spektralbezirke. Die H_1-Linie war sehr deutlich zu sehen, so dass an dieselbe das schon erwähnte starke Band unter dem Mikroskop angeschlossen werden konnte. Die Messungen führten zu dem unzweifelhaften Resultate, dass das Band der G-Gruppe im Sonnenspektrum und nicht der $H\gamma$-Linie entspricht. Es ist mithin dargethan, dass der Andromedanebel ein Spektrum der Klasse IIa zeigt, oder also, dass der überwiegende Teil der den Kern des Andromedanebels zusammensetzenden Sterne dieser Spektralklasse angehört. Da nun unser Sternsystem, aus der Ferne betrachtet, ein sich wesentlich der I. Spektralklasse näherndes Spektrum zeigen würde, so ist weiter zu folgern, dass sich das System des Andromedanebels bereits in einem vorgeschrittenen Stadium befindet. Spuren von hellen Nebellinien sind nicht vorhanden, so dass der interstellare Raum im Andromedanebel, ebenso wie in unserem Fixsternsysteme nicht merklich mit gasförmiger Materie erfüllt ist.«

»Der Andromedanebel«, fährt Prof. Scheiner fort, »gehört zur Klasse der Spiralnebel, die sämtlich ein kontinuierliches Spektrum geben. Nachdem nun die bisherige Vermutung, dass die Spiralnebel

Sternhaufen seien, zur Sicherheit erhoben ist, liegt es nahe, dieses System mit unserem Fixsternsysteme zu vergleichen und auf die grosse Ähnlichkeit des letztern speziell mit dem Andromedanebel hinzuweisen. Der innere Teil des Andromedanebels entspricht dem Komplexe derjenigen Fixsterne, welche nicht zur Milchstrasse gehören, letztere entspricht den Spiralen des Andromedanebels. Die Unregelmässigkeiten der Milchstrasse, besonders ihre Teilungen lassen sich, wie dies schon Easton versucht hat, sehr gut deuten, wenn man dieselbe ebenfalls als ein System von Spiralen auffasst, und nicht als Ringsystem. Der wichtigste Grund für diese Annahme liegt für mich in dem Umstande, dass die Ringnebel, im Gegensatze zu den Spiralnebeln, sämtlich Gasspektra besitzen. Es scheint nicht unmöglich zu sein, trotz der ungünstigen Projektion, in welcher wir die Milchstrasse sehen, ihre Hauptformen als Spiralen festzustellen und weiterhin die Eigenbewegungen der Milchstrassensterne in einen Zusammenhang hiermit zu bringen.«

Photographische Aufnahmen des grossen Orionnebels. Eine beträchtliche Anzahl photographischer Aufnahmen dieses Nebels ist auf der Lick-Sternwarte mit dem grossen Crossley-Reflektor von 3 Fuss Spiegeldurchmesser erhalten worden. Das beste Negativ wurde bei Exposition von 40 Minuten Dauer in einer sehr guten Nacht erhalten und zeigt die ungeheure Ausdehnung des Nebels über die an den grössten Ferngläsern sichtbare Partie hinaus. Die photographische Wirksamkeit des Crossley-Reflektors ist bewundernswürdig gross. Ein Vergleich mit den Leistungen der photographischen Linse des grossen Refraktors, welche 33 Zoll Öffnung hat, ergiebt, dass der Reflektor mit 10 Minuten Exponierung mehr Nebel zeigt als der Refraktor mit 3 Stunden. Diese Überlegenheit ist der grössern Winkelöffnung des Reflektors und dem Lichtverluste der photographischen Strahlen beim Durchgang durch die Linsen des Refraktors zuzuschreiben.

Das Spektrum des Orionnebels. Nach Campbell und Runge ist das Spektrum des Orionnebels in den verschiedenen Teilen desselben insofern verschieden, als die relativen Helligkeiten der drei Hauptlinien in weitern Grenzen schwanken. In unmittelbarer Nähe des Trapezes, wo der Nebel sehr hell erscheint, verhalten sich diese Linien bezüglich der Helligkeit wie 4 : 1 : 1; an andern, weniger glänzenden Stellen ist die erste und dritte Linie gleich hell, in schwachen Nebelpartien erscheint die dritte Linie heller als die erste. Die zweite Linie ist überall weit schwächer als die erste und meist auch etwas schwächer als die dritte. Prof. Keeler, Direktor der Lick-Sternwarte, hat neuerdings Beobachtungen angestellt[1]), welche beweisen, dass diese Helligkeitsunterschiede keine subjektiven Er-

[1]) Astron. Nachr. No. 3541.

scheinungen sind, sondern wirklich bestehen. Als bei dunstiger Luft der Spalt des am 36-zölligen Refraktor angebrachten Spektroskops auf den Stern No. 734 (Bond) am Rande des Nebels gerichtet wurde, sah er in dem Spektrum nur die Wasserstofflinie Hβ. Darauf wurde der hellste Teil des Nebels, nahe dem Trapez eingestellt, und es erschienen Hβ und die Linie 495.9 nahezu gleich hell, jedoch weit schwächer als die Haupt-Nebellinie 500.7. Als die vertikale Öffnung des Spaltes und mit ihr die Intensität des Spektrums vermindert wurde, verschwanden allmählich Hβ und die zweite Linie, so dass nur die Hauptlinie allein sichtbar blieb. Hiernach ist also bei Abschwächung des Spektrums in dem einen Teile des Nebels der Linie Hβ allein sichtbar, in einem andern die Hauptlinie, eine Thatsache, die nach Prof. Keeler nur durch wirkliche Verschiedenheit des Spektrums in den einzelnen Regionen des Orionnebels zu erklären ist.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die neuern Fortschritte in der Erkenntnis der mathematischen Erdgestalt behandelt Prof. Dr. F. R. Helmert auf dem 7. Internationalen Geographenkongress zu Berlin (1899)[1].

Newton und Huyghens erkannten die Abplattung der Erdgestalt theoretisch, 50 Jahre später wurde sie auch aus Gradmessungen nachgewiesen. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts hatte sich genug Beobachtungsmaterial angesammelt, um eine genauere Ableitung zu ermöglichen. Besonders ragt Bessel's Berechnung der Dimensionen eines demselben möglichst gut entsprechenden abgeplatteten Rotationsellipsoids hervor (1837—1841); in neuerer Zeit hat dann Clarke (zuletzt 1880) eine Reihe von Ellipsoiden auf Grund des immer mehr wachsenden Materials abgeleitet. In allen Fällen zeigten sich Abweichungen in den beobachteten Grössen, die durch Beobachtungsfehler nicht zu erklären waren. Auch durch die Einführung eines dreiachsigen Ellipsoids, sowie eines Rotationssphäroids mit nichtelliptischem Meridian, welche Annahmen überdies nicht zu rechtfertigen, bezw. wenig wahrscheinlich sind und nur eine interpolatorische Bedeutung erlangen konnten, wurde nichts gebessert.

Vielmehr handelte es sich dabei um Störungen der normalen Gestalt als eines abgeplatteten Rotationsellipsoids (Erdellipsoid) durch unregelmässige Massenverteilung, namentlich in der Erdkruste. Besondere Wichtigkeit kommt in dieser Beziehung der Frage zu: Welche Störungen der normalen Erdgestalt entstehen durch den Gegensatz der kontinentalen Massen und des Ozeans, sowie durch die grossen Gebirge, namentlich die zentralasiatischen Gebirgskomplexe?

Wenn solche Störungen nach Massgabe der äussern Begrenzung der Massen bestünden, so würde der indische Meridianbogen, auf dem bei Bessel und Clarke der Abplattungswert hauptsächlich beruht, besonders stark gestört sein müssen, und es würden dann die berechneten Abplattungswerte jede Bedeutung verlieren. Bekanntlich hat sich Pratt in den Jahren 1855—1871 eingehend mit der Untersuchung der Beträge der Lotstörungen für diesen Meridianbogen auf Grund der Massenverteilung beschäftigt. Seine Rech-

[1]) Potonié's Wochenschrift 1899. p. 505.

nungen gelangten aber erst dann zu plausiblen, den Beobachtungen entsprechenden Ergebnissen, als die inzwischen durch Schwerkraftmessungen im Himalaya erkannten unterirdischen Kompensationen der Gebirgsmassen berücksichtigt wurden. Ganz einwandfrei ist der indische Meridianbogen trotz der Kompensationen aber keineswegs, und dasselbe gilt also auch für die sich darauf stützenden Abplattungswerte.

Die Störungen, welche durch den Gegensatz der Kontinente und des Ozeans entstehen, wurden wiederholt behandelt. Listing gelangte 1878 zu der Anschauung, dass die Ozeane gegen die normale Ellipsoidfläche Depressionen bis zu rund 1000 *m* aufweisen müssten, welche Zahl er aus Anomalien der Schwerkraft ableitete. Diesen Depressionen entsprächen bei den Kontinenten Erhöhungen von annähernd gleichem Betrage.

Indessen zeigte dem Verf. eine synthetische Betrachtung 1884, dass die äussere Massenbegrenzung höchstens Störungen der Höhenlage von $\pm$ 500 *m* verlangt, womit aber zugleich Störungen der Schwerkraft verbunden wären, die den Erfahrungen widersprechen. Denn es müsste die Schwerkraft auf den Kontinenten grösser als auf dem Ozeane sein. In Wirklichkeit ist sie dagegen auf den kleinen ozeanischen Inseln grösser als auf den Kontinenten, wobei der Überschuss ungefähr der Anziehung der Inselpfeiler entspricht. Wahrscheinlich ist daher auf dem offenen Ozeane die Schwerkraft annähernd gleich gross mit der Schwerkraft auf den Kontinenten, welche Vermutung durch zwei Beobachtungen gelegentlich von Nansen's Polarfahrt bestätigt wird. Hier gelang es Scott Hansen in 84^{0} und 86^{0} Breite im festgefrorenen Schiffe die Intensität der Schwerkraft bei 3 *km* Tiefe des Meeres zu bestimmen. Beide Male ist ihr Betrag normal.

Es sind hiernach wahrscheinlich die Kontinentalmassen durch unterirdische Ungleichmässigkeiten der Massenlagerung (sogenannte Defekte) kompensiert.

Unter diesen Umständen werden die Höhenstörungen des Geoids wahrscheinlich nur Bruchteile von $\pm$ 500 *m* betragen, hauptsächlich infolge von Mängeln der Kompensation der Kontinentalmassen.

Aufschluss über den wirklich verbleibenden Betrag der Störungen können die ausgedehnten Gradmessungen, wie sie gegenwärtig vorliegen, dadurch geben, dass der Verlauf der Krümmungsverhältnisse in den einzelnen Gebieten in Betracht gezogen wird, und dass die Krümmungen in verschiedenen Gebieten miteinander verglichen werden.

Ausgedehnte Arbeiten liegen besonders vor in Europa, dann in den Vereinigten Staaten von Amerika, in Indien und in Südafrika. Eine interessante Vermessung wurde auch auf den Sandwichinseln ausgeführt; dieselbe hat zwar keine Kontinentalausdehnung, bietet aber ein Beispiel für Lotstörungen an Steilküsten. Bei 150 *km*

Abstand ist hier auf Hawaii der relative Störungsbetrag zwischen Nord- und Südküste ca. 100″. Kompensation scheint nicht vorhanden zu sein.

Kontinentale Küsten zeigten in der Regel gegen das Innere des Landes nur mässig grosse relative Störungen, wohl deshalb, weil in der Regel in den untersuchten Fällen die Küsten einen flachen Abfall hatten. Im Innern der Kontinente wurden regionale Störungen mehrfach aufgefunden, nicht nur in der Nähe von Gebirgen, sondern auch fern von solchen in ebenen Landstrichen.

Erschweren diese Störungen den Überblick über den kontinentalen Verlauf, so fördern sie doch die Einsicht in die Massenverteilung in der Erdkruste: Ungleichmässigkeiten sind die Regel; grössere Gebirge erweisen sich mehr oder weniger kompensiert, wobei aber die Kompensationen oftmals eine horizontale Verschiebung erfahren haben.

Eine deutlich sichtbare kontinentale Störung zeigte zum erstenmal der europäische Parallelbogen in 52° Breite mit 69° Längenausdehnung, für welchen 1892 die Ergebnisse bekannt wurden. Diese waren auch dadurch auffallend, dass sie Clarke's Elementen entschieden zu widersprechen schienen und wieder auf Bessel's Elemente hinwiesen.

Dieser Parallelbogen und der russisch-skandinavische Meridianbogen geben aber annähernd wieder den Wert der grossen Halbachse, welchen Clarke 1880 fand, dazu aber eine Abplattung von nur 1 : 308. Mit Rücksicht auf das ganze vorliegende Material wird man unter Festhaltung der genannten Halbachse die Abplattung vorläufig zu etwa demjenigen Betrag annehmen dürfen, den Bessel fand. Für diesen Wert sprechen auch astronomische Ergebnisse.

Wie nun von dem Erdellipsoid im einzelnen das Geoid abweichen wird, lassen die ausgedehnten Gradmessungen in Europa erkennen. Hier sind die Hauptmerkmale kontinentaler Attraktion: die stärkere Krümmung der westlichen Hälfte des Parallelbogens in 52° Breite gegen die östliche, sowie ein Winkel von $4\frac{1}{2}$″ zwischen den kleinen Achsen der Ellipsen des französisch-englischen und des russisch-skandinavischen Meridianbogens. Die kontinentale Attraktion gelangt jedoch nur zu einem Dritteile zur Geltung; die Kompensationsmassen müssen aber sehr ungleichmässig verteilt sein.

Für die Höhenlage des Geoids gegen das Ellipsoid kann man nach den in Europa beobachteten Störungen des Lotes den Maximalbetrag von $\pm$ 100 *m* rund vorläufig ansetzen. Übereinstimmend mit den früher angegebenen Untersuchungen zeigt er sich jedenfalls weit kleiner als nach Massgabe der äussern Figur der Kontinente. Es ist also in der Massenverteilung Annäherung an das hydrostatische Gleichgewicht vorhanden, entsprechend den Festigkeitsverhältnissen der Kruste und des ganzen Erdkörpers.

Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres 1898 von Th. Albrecht[1]). In dieser neuen Publikation behandelt Prof. Albrecht die Beobachtungen von 1895.0 bis 1898.7 und giebt eine Darstellung der Polhöheschwankungen für einen Zeitraum von etwas weniger als vier Jahren.

Neue Untersuchungen über das Gesetz der Breitenschwankungen hat M. Gonnessiat angestellt. Nach dem Berichte[2]) von A. Radau wird durch dieselben das Vorhandensein von zwei Arten der Bewegung des Poles nachgewiesen. Die eine vollzieht sich in 14 Monaten und hat zum Koeffizienten 0.14″, die andere in 12 Monaten mit einem Koeffizienten von 0.155″. Ausserdem führt Gonnessiat zwei neue Glieder mit Perioden von 1.8 und 9.3 Jahren und Koeffizienten von 0.04″ und 0.10″ ein.

Die 14monatliche Periode der Breitenschwankungen, welche Chandler gefunden und für veränderlich hält[3]), ist von E. F. Van de Sande Bakhuyzen untersucht und konstant gefunden worden[4]), wenigstens für die Zeit von 1858 ab. Ihre Dauer bestimmt er zu 431.0 Tagen bei einer mittlern Amplitude von 0.156″. Vor 1850 müsse diese Amplitude geringer gewesen sein, und es sei möglich, dass zwischen 1850 und 1860 eine Diskontinuität der Schwankung stattgefunden habe.

Eine neue Pendelformel hat Iwanof abgeleitet[5]) auf Grund von relativen Messungen an 300 Stationen, die an die absolute Bestimmung der Länge des Sekundenpendels für Wien (durch Oppolzer) angeschlossen wurde. Bezeichnet φ' die geozentrische Breite eines Ortes, so ergiebt sich die Länge L des einfachen Sekundenpendels im Meeresniveau für diesen Ort (in Centimetern):

$$L = 99.0997 + 0.5240 \sin^2 \varphi' - 0.0016 \left(\sin \varphi' - \frac{5}{3} \sin^3 \varphi'\right).$$

Diese Formel lässt erkennen, dass die Pendelbeobachtungen keine Abweichung in der allgemeinen Gestalt der beiden Erdhälften von einander mit Sicherheit anzeigen. Die Abplattung der Erde findet Iwanof $= \frac{1}{297.2}$, also, wie bei allen Pendelmessungen, merklich grösser, als sich dieselbe aus den Gradmessungen ergiebt.

Schweremessungen auf und am Mont-Blanc sind von Hansky mit den Sterneck'schen Apparaten 1898 ausgeführt worden[6]). Unter Annahme von $g = 9.80990$ für Meudon fand sich für den Gipfel

[1]) Berlin 1899.
[2]) Compt. rend. **126.** p. 710.
[3]) Astron. Journal No. **406. 446.**
[4]) Bulletin de l'Acad. des Sc. d'Amsterdam 1898.
[5]) Generalkonferenz der Erdmessung in Stuttgart 1898.
[6]) Compt. rend. **127.** p. 942.

des Mont-Blanc aus Beobachtungen am 29. und 31. August g = 9.794 72, für die Grands-Mulets am 2. September g = 9.799 99, für den Brevent am 7. September g = 9.800 56 und zu Chamonix am 5. Oktober g = 9.803 94.

Relative Schweremessungen in Kopenhagen und Christiania sind im Oktober 1898 auf Veranlassung des Zentralbureaus der Internationalen Erdmessung von Dr. R. Schumann angestellt worden[1]. Als Wert für die Schwerebeschleunigung giebt derselbe an:

Kopenhagen 9.815 78,
Christiania . . . . 9.819 45.

Genauigkeitsuntersuchungen sollen erst bei der definitiven Bearbeitung angestellt werden.

Relative Schweremessungen in Helsingfors und Pulkowo sind von Dr. O. Savander ausgeführt worden[2]. Es ergab sich reduziert auf das Mondniveau:

Helsingfors . . . . 9.819 42 *m*,
Pulkowo . . . . 9.819 34 *m*.

Der im Jahre 1894 von Oberst v. Sterneck für Pulkowo gefundene Wert ist: g = 9.819 27 *m*.

Die Ursachen der Bewegungen der Erdrinde bespricht R. van Hise[3]. Er führt die einzelnen Formen dieser Bewegungen auf und kommt zu dem Ergebnisse, dass die letzte Ursache derselben in der Einwirkung der Schwere auf das plastische Erdinnere zu suchen sei.

Die gegenseitige Bewegung einiger Höhenmarken ist von R. Repkewitz untersucht worden[4]. Es handelt sich um mehrere Fixpunkte, die in Westend bei Charlottenburg im Mauerwerk eingelassen waren. Ihre gegenseitige Lage wurde sechs Jahre hindurch sorgfältig beobachtet. Es zeigten sich unregelmässige Schwankungen, die bis 1 *mm* betrugen.

2. Oberflächengestaltung.

Über Höhenänderungen verbreitet sich z. B. Messerschmitt[5]. Ob Höhenänderungen in gewissen Gegenden oder auch auf grössern Gebieten vorkommen, lässt sich angesichts der grossen Genauigkeit, welche man jetzt mit den Feinnivellements erlangt, untersuchen.

Hierzu schienen sich die beiden Präzisionsnivellements in Frankreich zuerst zu eignen. Das erste ist in den fünfziger Jahren unter Bourdalouë ausgeführt worden[6]. Es diente wegen seiner damals ungeahnten und

---

1) Astron. Nachr. No. 3547.
2) Astron. Nachr. No. 3583.
3) T. Wisconsin A. Soc. Arts and Letters 11. p. 465.
4) Ztschr. f. Vermessungswesen 1898. p. 16.
5) Schweiz. Bauzeitung 34. No. 8—10.
6) Nivellement général de la France. Bourges 1864.

unerreichten Genauigkeit als Muster für die spätern Feinnivellements. Seit mehrern Jahren wird in Frankreich nun ein neues Präzisionsnivellement ausgeführt. Aus einer ersten Vergleichung der beiderseitigen Resultate glaubte man eine Anzahl stärkerer Abweichungen systematischer Natur zu erkennen, und zwar derart, dass, von Süden nach Norden fortschreitend, zunehmende Senkungen stattgefunden haben. Allein die nähere Untersuchung ergab, dass dieses nicht der Fall ist, und dass alle vorhandenen Differenzen von der grössern Ungenauigkeit der ältern Messung herrühren.

Ähnliche Untersuchungen, welche Verf. im schweizerischen Präzisionsnivellement anstellte[1]), ergaben, dass alle gefundenen Unterschiede der damals zur Verfügung stehenden Messungen durch die Veränderlichkeit der Nivellierlatten erklärt werden müssen.

Dagegen liessen die Nivellements erkennen, dass z. B. durch das Tieferlegen des mittlern Wasserstandes der Juraseen die Höhenmarke an der meteorologischen Säule am Quai zu Neuenburg um 31 *mm* sich gesenkt, also dadurch ein schwaches Abrutschen des Ufers stattgefunden hat. In 100 *m* Entfernung vom Ufer betrug die Senkung der Höhenmarke nur noch 14 *mm*, weiter entfernt konnte nichts mehr nachgewiesen werden.

Einige weitere Senkungen haben sich neuerdings durch die vom eidgen. top. Bureau vorgenommenen Kontroll- und Versicherungs-Nivellements ergeben. So sind von Straub und Dr. Hilfiker am Bodensee auf der Strecke zwischen Rheineck (an der Mündung des Rheines in den See) über Bregenz nach Lindau 13 Höhenmarken neu einnivelliert worden[2]). Sämtliche Höhenmarken zeigten Senkungen gegenüber der Höhenmarke No. 565 im Bahnhofe von Lindau, deren Stabilität aus verschiedenen Gründen verbürgt zu sein scheint. Die gemessenen Senkungen betragen bei Bregenz etwa 0.1 *m*, bei Fussach, Höchst und Rheineck zwischen 0.04 und 0.05 *m*[3]).

Ähnliche Senkungen konnten am östlichen Ufer des Genfersees konstatiert werden[4]). Um das schweizerische Nivellement mit dem französischen sicher zu verbinden, ist 1897 ein Doppelnivellement ausgeführt worden. Nimmt man die Höhenmarke zu Roche als unverändert an, so ergeben sich die folgenden Differenzen:

	Frühere Messungen	Neue Messungen	Differenzen
⊙ 21 Roche	+ 7.838 *m*	+ 7.838 *m*	0.0 *mm*
⊙ 20	+ 8.299 *m*	+ 8.262 *m*	— 37 *mm*
NF 74 Villeneuve	+ 0 734 *m*	+ 0.695 *m*	— 39 *mm*
⊙ 18	+ 2.889 *m*	+ 2.869 *m*	— 20 *mm*
NF 73 Chillon	+ 5.220 *m*	+ 5.207 *m*	— 13 *mm*

Bereits die ältern Messungen 1870 und 1881 zeigen eine solche konstante Differenz und bestätigen daher dieses Sinken.

Für den Luganersee sind ähnliche Höhenänderungen konstatiert. Wegen eines kleinen Senkungsgebietes am Hafen zu Konstanz, dessen Wirkung sich bis zum Anfange des Jahrhunderts zurückverfolgen lässt, sei auf die Abhandlung von M. Haid »Untersuchung der Senkung des Bodensee-Pegels zu Konstanz«, Beiträge zur Hydrographie des Grossherzogtums Baden 1891, verwiesen.

Alle diese Beispiele beziehen sich auf Gegenden mit aufgeschüttetem Boden in der Nähe grosser Wasserbecken, wo also ein Setzen des Bodens und ein Rutschen der Böschungen von vornherein nichts Ungewöhnliches bietet.

---

[1]) Die Veränderlichkeit der Nivellierlatten. Schweiz. Bauzeitung. 23. 1894. p. 30 u. 39.

[2]) Procès-verbal de la 39me Séance de la Commission géodés. suisse 1896. p. 23.

[3]) Vergl. auch: Die Fixpunkte des schweiz. Präzisionsnivellements. Lief. 4. 1895.

[4]) Procès-verbal de la 41me Séance de la Com. géod. suisse 1898. p. 26.

Noch interessanter sind Höhenänderungen, die sich auf weite Gebiete hin erstrecken, deren Ursache tektonischer Natur ist. Hier braucht nur an die Strandverschiebungen erinnert zu werden, wie sie namentlich auf der skandinavischen Halbinsel seit mehr als 150 Jahren messend verfolgt werden, und welche noch heute andauern.

In verschiedenen Teilen des französischen Jura, besonders im Gebiete des in die Rhone mündenden Flüsschens Ain, östlich von Lons-le-Saunier, einem auch topographisch und geologisch sonst interessanten Gebiete, sollen von den dortigen Bewohnern langsame Höhenänderungen bemerkt worden sein, so dass man jetzt Gebäude und Orte von gewissen Punkten aus sieht, die man früher von dort aus nicht gesehen haben will. In einigen Fällen wird auch das Umgekehrte berichtet. So werden namentlich von dem Dorfe Doucier, in der Nähe des Lac de Chalain, solche Änderungen ganz bestimmt behauptet. Es sollen nicht nur über den See das Dorf Marigny, sondern auch nach vier weitern Richtungen Gebäude jetzt sichtbar sein, die es früher nicht waren. Zur Verfolgung eines solchen Phänomens sind aber direkte Messungen unerlässlich und werden auch seit 1883 von Zeit zu Zeit angestellt. Vorläufig freilich hat man sich mit einer wenig genauen Methode begnügt, indem man Visuren nach verschiedenen Richtungen nahm, welche zwischen 1883 und 1890 keine Änderungen ergaben. Es steht aber in Aussicht, dass die betreffenden Orte durch ein Feinnivellement miteinander verbunden werden, welches kleinere Änderungen sicher und in kurzer Zeit nachzuweisen erlaubt[1]).

Auch aus dem schweizerischen Jura berichtet J. Jägerlehner darüber[2]). Es soll das Schloss, die Kirche und das Rathaus von Grandson und ebenso der Genfersee von den am Südostabhange des Mont Auber gelegenen Dörfern Fontanezier, Mareborget und Vaugondry etc. laut Aussage der dortigen Bewohner an Sichtbarkeit zugenommen haben. Nach den Untersuchungen von Jägerlehner können Abholzungen für die Richtung nach Grandson gar nicht und für die Richtung nach dem Genfersee nur in beschränktem Masse dabei in Betracht kommen. Eine Hebung des Mont Aubert, welche über 100 *m* betragen müsste, ist ausgeschlossen. Dagegen genügt für das Sichtbarwerden von Grandson die Annahme, dass der dem Schlosse Grandson vorgelagerte Hügel um 1 *m* niedriger geworden sei. Dies könnte möglicherweise durch Denudation und teilweises Auslaugen des Gesteins erklärt werden, also ohne Zuhilfenahme allgemeinerer Ursachen. Solches Auswaschen und dadurch erfolgtes Setzen des Bodens kann man in kleinerem Massstabe öfter im Jura beobachten. Es tritt durch mehr oder minder grosse, meist runde Einsturzkessel zu Tage.

Ebenso müsste für das bessere Sichtbarwerden des Genfersees eine Senkung des Terrains gegen den Genfersee hin angenommen werden, was allerdings schwieriger zu erklären wäre. Die grossen Nivellementszüge in dieser Gegend haben bis jetzt nichts davon erkennen lassen. Mit Recht kommt auch Jägerlehner zu dem Schlusse, dass nur Messungen die Richtigkeit obiger Angaben entscheiden können. Es wäre daher zu wünschen, dass dieser Gegend von kompetenter Seite einige Aufmerksamkeit in dieser Hinsicht geschenkt würde.

Ähnliche Wahrnehmungen werden aus Thüringen berichtet, nach welchen die Bewohner verschiedener Ortschaften ebenfalls ein Emporsteigen oder ein Sinken anderer Ortschaften beobachtet haben wollen, worüber

---

[1]) Girardot L.-A.: Note zur l'étude des mouvements lents du sol dans le Jura. Mémoires de la Soc. d'Emulation du Jura. Lons-le-Saunier 1891, und am gleichen Orte: Romieux A., Sur la précision des observations entreprises pour l'étude des mouvements du sol à Doucier (Jura). Im Auszuge auch in Gaea 1892. p. 586.

[2]) Spuren von Bodenbewegungen im nördlichen Teile der Waadt während der letzten fünfzig Jahre. Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern 12. 1894.

P. Kahle zuerst im V. Bande der Geographischen Gesellschaft zu Jena 1893 berichtet. Nach einer neuern Mitteilung[1]) werden in den nächsten Jahren in diesen Gegenden entsprechende Nivellements ausgeführt und ausserdem sollen noch photographische Aufnahmen des Beobachtungsgeländes mit Teleobjektiven vorgenommen werden unter sorgfältiger Vermarkung des Standortes, Angabe der Instrumenthöhe und unter Berücksichtigung aller sonstigen nötigen Vorsichtsmassregeln. Aus diesen Bildern kann man dann bei späterer Wiederholung Anhaltspunkte über die gemutmasste Bodenbewegung und über den Ort und die Grösse derselben gewinnen.

Nach den Angaben von P. Kahle haben auch die Neumessungen der preussischen Landesaufnahme für das Küstennivellement von Stralsund aus durch Pommern und Mecklenburg Änderungen gegen die in den siebziger Jahren daselbst erhaltenen Höhenwerte ergeben, von welchen man glaubt, sie seien säkularer und regionaler Natur.

Von Wahrnehmungen über die Bodenschwankungen bei Gmünd und Affalterach in Württemberg berichtet E. Werner[2]). Er zeigt aber, dass hier nur Veränderungen in der Bepflanzung mit Bäumen und kleine Abrutschungen infolge Verwitterung, Abwaschung und Abbröckelung vorgekommen sind, welche die behaupteten Änderungen (Wachsen des sogen. Rebberges etc.) vollständig erklären[3]).

Das geeignetste Mittel, Höhenänderungen unzweifelhaft nachzuweisen, besteht in der Ausführung von Feinnivellements, wobei zugleich gesorgt werden muss, dass die einzelnen Höhenmarken möglichst sicher angebracht sind. Kleinere Bewegungen scheinen übrigens in der Erdoberfläche ziemlich häufig vorzukommen, auch im guten und sichern Terrain.

So hat C. A. Vogler in neuerer Zeit Untersuchungen über Veränderungen von Höhenmarken innerhalb eines kleinen Bezirks von Berlin anstellen lassen, worüber R. Repkewitz[4]) berichtet, nach welchen sowohl Auf- als auch Abwärtsbewegungen vorkommen, die freilich nur wenige Millimeter betrugen.

Seit 1893 ist zum Studium kleiner Bewegungen der Erdscholle des Telegraphenberges bei Potsdam vom k. preuss. geodätischen Institute um den Gipfel desselben eine hydrostatische Nivellementsanlage erstellt worden, deren Angaben öfter durch geometrische Nivellements kontrolliert werden. Nach einer vorläufigen Mitteilung[5]) sind Bodenbewegungen bis zu 1 *cm* gefunden worden, die Neigungsänderungen bis zu 7″ entsprechen.

Höhenänderungen sind nicht nur von wissenschaftlicher, sondern auch von praktischer Bedeutung. Alle technischen Anlagen rechnen mit der Stabilität der Unterlage. Hebungen, Senkungen oder auch seitliche Verschiebungen[6]) können aber, auch wenn sie langsam vorwärts gehen, doch

---

[1]) P. Kahle: Über Änderungen der Höhenlage. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig 1898.

[2]) Blätter des schwäbischen Albvereins V. Jahrgang. p. 83. 1893.

[3]) Über eine merkwürdige Bodenerhebung, welche tektonischen Ursachen zugeschrieben wird, vergl. Americ. Journ. of Science 1890. **39**. p. 220, auch Neues Jahrbuch für Mineralogie 1892. **2**. p. 42.

Ferner: W. Seibt, Gesetzmässig wiederkehrende Höhenverschiebungen von Niv. Festpunkten. »Centralblatt der Bauverwaltung« 1899.

[4]) R. Repkewitz: Gegenseitige Bewegung einiger Höhenmarken. Zeitschrift für Vermessungswesen. **27**. Heft 14. 1898.

[5]) Verhandlungen der Internationalen Erdmessung in Berlin 1895. 2. Beilage 11 b, p. 266.

[6]) Über letztere vergl. Hammer »Die Verschiebung einiger Triangulationspfeiler in der Residentschaft Tapanoeli durch das Erdbeben vom 17. Mai 1892.« Zeitschrift für Vermessungswesen **26**. Heft 5. 1897, und Messerschmitt: »Die wichtigsten Beziehungen zwischen Geologie und Geodäsie.« 6. Jahresbericht der phys. Gesellschaft in Zürich 1892 und »Das schweiz. Dreiecknetz« **5**. p. 170—174, Zürich 1890 und **8**. p. 56 und 95, Zürich 1898.

schliesslich solche Beträge erreichen, dass sie nicht mehr vernachlässigt werden können und beispielsweise bei Kanalanlagen, Tunnels u. dergl. störend werden.

In Gegenden, in welchen häufig Erdbeben vorkommen, dürften sich Änderungen am ehesten nachweisen lassen. Für das kroatische Stossgebiet bei Agram konnte von Lehrl und Weixler[1]) bis jetzt wenigstens allerdings nur eine geringe Änderung nachgewiesen werden, aber es steht doch zu erwarten, dass auch in schwächern Erdbebengebieten, wie beispielsweise in der Schweiz, allmähliche Bodenbewegungen stattfinden, die mit der Zeit nachweisbar sind. Hierzu bieten die heutigen Feinnivellements ein günstiges Material für die Untersuchungen späterer Zeit.«

Der Anblick von Berg und Land aus der Vogelperspektive eines Ballons, wird von Prof. Heim nach seinen Erfahrungen bei der Ballonfahrt über Alpen und Jura vom 3. Okt. 1898 geschildert[2]). »Beim Blick vom Ballon herab auf das Land, klare Luft und heller Himmel vorausgesetzt, überrascht stets am meisten die wunderbare Kraft und Harmonie der Farben. Die Wälder sehen aus wie das schönste saftigste Moos, die verschiedenen Farbtönungen verschiedener Baum- oder Waldarten sind viel klarer zu sehen als in der Regel unten auf der Erde. Die Farbunterschiede von Kulturwiese und Naturwiese, von verschiedenen Feldern, Obstbäumen etc. bilden ein herrliches Gewebe. Dazu kommt, dass, vom Ballon gesehen, man häufig jeden Baum sich noch von seinem eigenen Schatten abheben sieht. Die Seen erscheinen mehr in ihrer tiefen blauen oder grünen Eigenfarbe, wenn wir nahe über denselben stehen, während sie uns unten, an der Erde betrachtet, stets zu einem mehr oder weniger grossen Teil oder auch ganz gespiegelte Himmelsfarbe bieten. Alle Farbunterschiede in der Landschaft erscheinen vom Ballon aus viel stärker und lebhafter, viel farbenfrischer, die Luftperspektive ist viel geringer als unten. Dennoch ist das ganze nicht grell, sondern ein wunderbarer harmonischer Duft durchwebt es. Steigen wir höher und höher, so werden die Farbunterschiede geringer, ein feiner Dunstschleier legt sich allmählich zwischen uns und die Landschaft zu unsern Füssen. Bei über 4000 *m* Höhe hat er eine blass violette Färbung. Bei über 6000 *m* schien mir das ganze Land unter uns stets leicht blass, violett, dumpf abgetönt zu sein. Es ist ein viel grösserer Genuss, in geringer Höhe in 1000 bis 2000 *m* über dem Boden zu fahren, als in 3000 bis 5000 *m*.

Schon von hoher Bergkante herab gesehen, verschwinden die Höhendifferenzen in den tiefern Teilen des Gehänges für das Auge, so dass der Absteigende glaubt, bei jenem Baume unten im Thalboden zu sein, während es von dort noch viel tiefer hinabgeht. Vom Ballon aus ist diese verflachende Wirkung im Bilde der Berge noch viel stärker. Die Berge erscheinen unglaublich flach, wie von oben herab zusammengequetscht und imponieren gar nicht mehr. Selbst die beste Beleuchtung giebt bei weitem nicht die vielen Abstufungen

---

[1]) Mitteilung der Geographischen Gesellschaft Wien **15**.
[2]) Die Fahrt der Wega. Basel 1893. p. 53 ff.

in der Schattierung, wie wir sie in Landkarten anwenden, um das Relief herausspringen zu lassen. Fast giebt es nur drei Unterschiede: »besonnt«, »nichtbesonnt (schattig)« und »beschattet (im Schlagschatten)«. Zwischenstufen sind ausser hie und da »im Streiflicht« kaum zu sehen. Der schauerliche Kessel am Nordabhange der Diablerets, der Creux du Champ, war nur durch den verdunkelnden Schlagschatten auffallend. Ich musste lange senkrecht nach unten suchen, bis ich den Rocher de Naye und die Dent de Jaman etc. erkennen konnte. Diese kühn geformten Gipfel sprangen nicht durch ihre Schattierung wie bei einer Reliefkarte in die Augen, sondern ich konnte sie bloss aus dem Verlaufe der umgebenden Thäler und Schluchten und der Wege und Häuser allmählich herausfinden. Dass das Kurhaus Aux Avants höher liege als Glion und Glion höher als Montreux, war aus der Färbung der umgebenden Reben, Kastanienwälder, Tannenwälder und aus dem Verlaufe der Bachrinnen und den Windungen der Strassen zu schliessen, aber der blosse Anblick bot nicht so viel Gebirgsrelief, dass man eine Höhendifferenz dieser Orte ohne weiteres bemerken konnte. Um so auffallender ist es mir geblieben, dass der Neuenburgersee auf den ersten Blick als höher gelegen als der Genfersee erschien.

Besonders merkwürdig war in dieser Beziehung das Juragebirge. Der ganze Jura unter uns erschien überhaupt gar nicht als Gebirge. Hier half der Umstand wesentlich mit, dass die Sonne schon gegen WSW stand, und somit der SO-Abfall und der NW-Abfall der lang gestreckten Juraketten keine starken Beleuchtungsdifferenzen mehr aufweisen konnten. Aus der Höhe erschienen auch die Felswände des Juragebirges sehr gering. Das Einzige, was überhaupt den Jura vom umgebenden Lande unterscheiden liess, war die prachtvoll streifenförmige Anordnung der Wälder und Wiesen. Die einen Wiesenstreifen waren dörferbesetzt, die andern nicht. Die erstern bedeuteten offenbar Längsthäler, die letztern die Weiden auf den Bergrücken. Die Waldstreifen entsprechen den Gehängen der Berge. Wie runde Waldringe mit einem hellen Felsrande erschienen die Kessel, so z. B. gerade unter uns der Creux von Sulpice. Nichts liess Höhe und Tiefe direkt sehen. Nichts liess merken, dass hier 1000 *m* relative Erhebung vorkommen.

Das schweizerische Mittelland zwischen Alpen und Jura erschien völlig flach. Da waren es wiederum bloss die Farben von Wald, Wiese, Feld und besonders die Dörfer, die Strassen und die meist mit Gebüsch berandeten Bäche und Flüsse, welche ein Relief erraten liessen.

Ganz gewiss sind alle Schattierungen in Tönen oder Schraffen oder Horizontalkurven, welche wir in den Landkarten anwenden, um die Vertikalgliederung des Landes zu zeichnen, verglichen mit dem wirklichen Bilde des Landes aus der Höhe gesehen, enorm übertrieben. Die Reliefwirkung unserer Karten ist unvergleichlich gross und stark gegenüber dem Bilde vom Ballon aus. In unsern

Karten springt uns das Relief ins Auge, in Wirklichkeit dagegen viel mehr das durch die Kulturen bedingte Farbenbild, und vom Ballon aus sehen wir nur sehr wenig direkt vom Relief. Indem ich diese Differenz im Anblicke der Landschaft aus dem Ballon und der Karte hervorhebe, will ich unsere Karten durchaus nicht tadeln. Im Gegenteil ist es, wenn ich mich so ausdrücken darf, ein Mangel, dass wir im Ballon so wenig vom Relief sehen. Wir leben aber nicht im Ballon, die Karten sind nicht für die Ballonfahrer gemacht, wir sehen das Relief unten viel deutlicher im Profil der Berge, es hat für uns und unser Leben grosse Bedeutung, und es soll deshalb in der Karte recht deutlich sein. Auch soll die Karte dazu dienen, unserem geistigen Auge die Gesamtform des Gebirges zu vermitteln, und dazu darf sie sich einer geometrisch konventionellen Methode bedienen, die den Zweck erfüllt — ganz unbekümmert darum, ob das Land vom Ballon aus ebenso aussehe oder nicht. Die Karte verhält sich hierin ganz anders als das Relief. Sie ist ja eine konventionelle Darstellungsart, und sie darf eine konventionelle Methode anwenden, um das zum Ausdrucke zu bringen, was wir zu erfassen wünschen. Es ist ebenso berechtigt, die orographische Gliederung in der Karte stark hervorzuheben, sagen wir: zu übertreiben, als es anderseits verkehrt wäre, in einem Relief Schraffur- oder Höhenschichtentöne oder Überhöhung anzuwenden.

Von ergreifender Grossartigkeit war aber der Anblick der Alpen, als wir nicht mehr senkrecht über ihren Gräten, sondern weiter nördlich entfernt in annähernd 6000 *m* Meerhöhe etwa über Moudon standen und von da weiter nordwestlich trieben. Freilich klebten eine Menge von Cumuli an den Gräten und Gipfeln, und über der Ostschweiz lag bis 1400 *m* Nebelmeer. Über uns war der wolkenlose schwarzblaue Himmel, kaum ein Cirrus trübte ihn. Nun erschienen die Alpen als ein enormer, zusammenhängender mehrfacher Wall vom Säntis bis ins westliche Savoyen; wie eine ungeheure brandende See schienen sie in mehrfachen, schäumenden Wellenkämmen uns entgegen zu kommen. Wir sahen sie nun nicht mehr von oben, was sie verkleinert hätte, sondern mehr in einem Gesamtaufriss. Die Formen waren freilich zu klein, zu entfernt, um sie photographisch festzuhalten. Als letzter im Osten erhob sich recht selbständig der Säntis aus dem Nebelmeere. Mit Fernrohr hätten sie uns gewiss von dort sehen können! Mythen, Rigi schauten als Inseln aus dem Nebelmeere hervor, das gerade bis Rigikaltbad reichte. Mürtschenstock, Glärnisch, Tödi, Windgällen, Urirotstock, Titlis, alle die lieben Bekannten, waren leicht zu erkennen. Dagegen mehrten sich die kleinen Ballwolken gegen das Berneroberland hin. Das eine Mal war die Haslijungfrau frei; dann guckte das Finsteraarhorn nadelförmig zwischen den weissen Nebelballen heraus. Ich unterschied deutlich Aletschhorn, Eiger, Jungfrau, Gspaltenhorn, Blümlisalphorn, Altels. Vor den Berneroberländern zwischen Stockhorn und Niesen sah man in ein schattiges blaues Loch, den Thunersee,

hinab. Dann dahinter und weiter rechts erkannte ich die Mischabel, Monte Rosa, Weisshorn, Grand Combin etc. Die genannten Walliser und noch viele andere mehr schauten hoch über den Grat zwischen Wildstrubel und Dent de Morcles hinaus, und man sah deutlich, welch gewaltige Thaltiefe und Thalbreite dazwischen liegt. Der Mont-Blancgipfel schaute niemals aus seiner Nebelhülle, aber seine Lage und Form waren sehr deutlich durch die kleinen ihn umhüllenden und dicht anklebenden Ballwolken angegeben. Dagegen ragte einmal die Aig. d'Argentière und die Aig. du Géant hervor. Die nördlichern Savoyerberge waren fast wolkenfrei.

Zur gleichen Zeit überblickten wir die ganze westliche Hälfte des schweizerischen Mittellandes. Das Nebelmeer des Ostens endigte ungefähr auf der Linie von Neuchâtel nach Bern. Nur wenige vereinzelte kleine Nebelchen schwebten hie und da unter uns. Eines davon hatte eine so scharf begrenzte eckige Gestalt, dass ich bei dessen Anblick erst meinte, einer von uns hätte ein weisses Taschentuch herunterfallen lassen. Das Land war zusammenhängend klar zu überblicken bis Lausanne, wo dann weiter westlich abermals Nebelmeer folgte. Westlich von Genf ragte der Jura über den Nebel hoch hinaus, und der ganze Bogen des Jura von seinem Verschmelzen mit den Savoyeralpen hinaus bis über den Weissenstein war deutlich sichtbar. Auch für den Jura gilt das Gleiche wie für die Alpen: Seine Gestalt war viel deutlicher aus der Entfernung in einer Art Aufriss gesehen als in der Nähe von oben betrachtet.

Keinem von uns wird das Bild aus der Seele erlöschen, das uns in einem Blicke die Alpenwand vom Sentis bis Salève, den Jura und das zwischenliegende Molasseland mit Neuenburgersee, Murtnersee, Thunersee, Genfersee schauen liess, am Horizont gegen Norden weisses Nebelmeer, über uns blendende Sonne am schwarzblauen Himmel — wir selbst in stiller Kälte schwebend hoch über allen Bergen und allen den blendenden Wolkengebilden. Hier fühlten wir uns wie ausserhalb der Erde, hinabschauend auf ein grosses, schönes, liebes Stück Erde — es war beim Geniessen wie ein Traum, es ist uns in der Erinnerung wie ein schöner Traum geblieben und doch, es war ja herrliche Wahrheit!

Gegen den Neuenburgersee sinken wir etwas tiefer und sehen deshalb um so schöner das Gewebe der Ortschaften, Strassen, Felder, Reben, Baumwiesen am Nordufer des Sees. Sehr deutlich erkennen wir die Dünen, welche am SW-Ende des Sees sich seit der Juragewässerkorrektion auf dem trocken gelegten Strande gebildet haben, die einzigen Dünen der Schweiz! Unter uns liegen die Felsklippen der Arpilles und die Windungen der Strasse nach Ste. Croix.

Das Juragebirge, das wir überquerten, war zusammenhängend zu überblicken. Es sah aus, wie eine Schar von kleinen Runzeln in der Erdrinde. Die Höhen waren gar nicht bemerkbar, die Runzeln

aber durch den streifenförmigen Wechsel von Wald, Fels, Wiese deutlich gezeichnet. Alle die typischen Erscheinungen des Jura, seine Längsthäler und Längskämme, Querklusen, Zirkustrichter waren wunderbar wie auf der besten Karte zu sehen, aber auf einer gemalten Karte mit sehr wenig Reliefzeichnung. Die Armut an Gewässern war auffallend im Gegensatze zum Molassenlande. In den Furchen konnte man kaum Wasser sehen. Recht deutlich war das vorherrschend nördliche Überliegen der Ketten und die Abstufung gegen Norden, d. h die Einseitigkeit im Baue des Jura zu überschauen. Ich wünschte in Gedanken Eduard Suess zu uns. Das ganze Bild erinnerte mich an die Runzelsysteme auf der Oberfläche einer erstarrenden Lava oder an die Runzeln einer durch Blasen verschobenen Haut auf heisser Milch, wobei der Schub von Südosten gekommen, und die Falten nach Nordwesten schuppenförmig übereinander gestossen worden sind. Die grosse horizontale Transversalverschiebung im Jura, welche von Mollens bis über Pontarlier reicht und den Lac de Joux östlich absperrt, war von der Höhe sehr auffällig. Sie sah aus, wie ein grosser Schnitt durch alle Ketten, und man konnte sehr gut erkennen, wie die Längszonen an diesem Querschnitte abgeschert und verschoben sind. Das Bild entsprach durchaus demjenigen, das eine geologische Karte giebt. Eine gründliche Spezialuntersuchung über diese merkwürdige Erscheinung könnte sehr wertvoll werden; sie fehlt uns immer noch. Manche der grossen tief greifenden Züge im Antlitze der Erde sind vom Ballon aus überraschend klar zu übersehen, während die kleinern Formen sich verlieren.«

Der Pol der Landhalbkugel. Eine neue Bestimmung der Lage desselben hat H. Beythien gegeben[1]). Der Begriff der Landhalbkugel ist zuerst von Buache 1746 festgestellt worden, und Krümmel hat 1898 eine Methode angegeben, die Lage des Poles einer solchen zu bestimmen[2]). Er hob dabei hervor, dass auf den üblichen Darstellungen der Land und Wasserhemisphäre der Erde das Zentrum der Karte der Landhemisphäre gewöhnlich in irgend eine politische Hauptstadt Westeuropas verlegt werde, und nur einige wenige Altlanten diese Pole nach rein morphologischen Prinzipien 50° nördl. Br. und 0° nach Greenwich setzen. Diese Annahme ist jedoch ziemlich willkürlich, weil keine einigermassen exakte Methode gefunden worden, die genauere Lage des Poles zu bestimmen. Eine solche gab Krümmel, und Beythien hat danach als wahrscheinlichste Lage des fraglichen Poles einen Punkt in 47.5° nördl. Br., 2.5° westl. L. gefunden. Dieser Punkt liegt vor der Loire-Mündung bei Le Croisic. Unter Ausschluss der unerforschten Polargebiete findet der Verf. für die Landhalbkugel 47.8 % Land und 52.2 % Wasser, für die Wasserhalbkugel 6.4 % Land und 93.6 % Wasser.

---

[1]) Kiel, Verlag von Lipsius & Tischer.
[2]) Petermann's Mitt. 1898. p. 106.

Über die Asymmetrie der nördlichen Halbkugel hat E. Suess mehreres veröffentlicht[1]), die genauere Darstellung für den Schlussband seines Werkes: »Das Antlitz der Erde«, sich vorbehaltend. Er findet einen in die Augen springenden Gegensatz in der Struktur von Asien und Nordamerika. Die asiatischen Faltenzüge sind in Bogen angeordnet, deren Konvexität nach Süden und Osten gekehrt ist, und in denen die faltende Bewegung von dem Innern des Kontinents gegen aussen gerichtet ist. Die Anlage dieser Bogen reicht bis in die cambrische Epoche zurück. In Nordamerika ist die faltende Bewegung gegen die alte Masse des kanadischen Schildes gerichtet, und diese alte Masse wird in konkaver Linie von Falten umgeben. Die europäischen Ketten bilden einen Übergang von der amerikanischen zur asiatischen Struktur. Der Gegensatz zwischen dem Baue von Nordamerika, der ein Zufliessen der Falten — eine Bewegung gegen innen — zeigt, und des östlichen Asiens, in dem ein Abfliessen der Falten — Bewegung gegen aussen — herrscht, verrät eine bis in die cambrische Zeit zurückreichende seitliche Asymmetrie der nördlichen Hemisphäre. In dieser Anlage tritt eine gewisse Beziehung zum magnetischen Pole hervor, der (Melville Halbinsel) mitten in dem Gebiete des Zuflusses liegt.

Das geotektonische Problem der Glarner Alpen ist Gegenstand einer grossen auf 20jährigen Forschungen beruhenden Arbeit von A. Rothpletz gewesen[2]). Bekanntlich hat A. Heim die in den Glarner Alpen auftretende überaus merkwürdige Erscheinung der Überlagerung jüngerer durch ältere Schichten durch eine liegende Doppelfalte erklärt. Rothpletz stimmt dieser Erklärung nicht bei, bezüglich der Einzelheiten muss auf das Werk selbst verwiesen werden, während hier nur die von Branco gegebene kurze Erläuterung des Hauptinhaltes[3]) auszüglich Platz finden kann. Derselbe sagt: »Es kann sich nach Rothpletz hier gar nicht um eine einfache Doppelfalte, also um eine von Norden und eine von Süden her erfolgte Überfaltung handeln. Einmal nämlich sind die Überschiebungen nicht aus zwei gerade entgegengesetzten Richtungen erfolgt, sondern einerseits aus Ost, anderseits aus Nordwest. Sodann sind die aus Nordwest stammenden Massen zum Teil noch über die aus Osten stammenden hinübergeschoben; der Druck hat also von beiden Seiten her nicht gleichzeitig, sondern zum Teil nacheinander gewirkt. Endlich liegt keineswegs nur einmal das ältere auf dem jüngern, sondern mehrfach wiederholt sich das »schuppenförmig«. Der Verf. weist nämlich nach, dass am Wiggismassiv sich dreimal, am Glärnisch sogar viermal dieselbe Schichtenfolge übereinander wiederholt. Das Wiggismassiv z. B. besteht also aus drei Stockwerken, deren jedes einzelne ganz normal aus Eocän,

[1]) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissens. Matem.-Naturw. Klasse 57. p. 89.
[2]) Jena 1898. Verlag von G. Fischer.
[3]) Naturw. Rundschau 1899. No. 23. p. 286.

Kreide und Jura aufgebaut ist. Diese Stockwerke sind mithin gebildet durch Wiederholungen ganz gleichartiger Schichtenkomplexe, welche ursprünglich nebeneinander lagen und nun durch seitlichen Schub übereinander geschoben sind. Das unterste, basale Gebirge, über welches alle jene Massen von fernher übergeschoben wurden, ist zunächst durch dieselben völlig zugedeckt worden. Erst später wurde es wieder freigelegt, indem das Übergeschobene durch die Erosion zum Teil abgetragen wurde. Dabei zeigt sich, dass das basale Gebirge in enge, hohe, nach Nordwest überkippte Falten bereits zusammengeschoben war, bevor sich jene Überschiebungen vollzogen. Dann wurde von Osten her die Glarner Schubmasse darüber geschoben, bei welchem Vorgange die Überschiebungsmasse aber selbst wieder gefaltet wurde, und zwar in Falten, die teils nach West, teils nach Nord überkippt sind. Dann wurden aus anderer Richtung, von Nordwest her, zwei neue Überschiebungsmassen heran und hinauf gedrängt: eine untere, die Urner, und eine obere, die Schwyzer Masse. Sie sind ebenfalls gefaltet, nach Nordnordwest überkippt.

Nachdem er solches festgestellt, gelangt der Verf. zu dem Schlusse, dass diese grossen Überschiebungen der Glarner Alpen unmöglich durch Faltung entstanden, Faltenverwerfungen sein können. Die Erscheinungen sind dazu zu grossartig. Sie sind vielmehr nach ihm hervorgerufen durch Überschiebungen längs Schubflächen: Es erfolgten Zerreissungen des Alpengebirges der Länge und Quere nach. Die dadurch entstandenen Teilstücke wurden nun auf sanft oder steil geneigten »Schubflächen« vorwärts — aufwärts meilenweit fortgeschoben, und zwar entweder nur eines, oder gar zwei oder drei derselben übereinander getürmt. Dass diese Schubflächen in ihrer zerriebenen, zerquetschten u. s. w. Beschaffenheit die Spuren des Transportes solcher Riesenlasten, welche über sie hinwegglitten, aufweisen müssen, ist ebenso erklärlich wie notwendig. Diese eigentümliche Beschaffenheit der Schubflächen benutzt daher der Verf. gerade zum Beweise für seine Ansicht, dass hier wirklich Überschiebungen vorliegen, nicht aber die Wirkung ausgewalzter und ausgequetschter Schenkel von Falten.

Ursprünglich sind diese Schubflächen meistens, wenn auch nicht völlig, so doch ungefähr, eben gewesen. Späterhin aber, nachdem die Überschiebungen sich vollzogen hatten, sind auch sie wieder durch weitere Rindenbewegungen der Erde gebogen, zu flachen Satteln und Mulden geformt worden. Es lässt sich daher aus der heutigen Neigung der Schubflächen durchaus nicht mit Sicherheit auf die Richtung schliessen, von welcher her die auf ihr übergeschobenen Massen sich vorwärts bewegt haben; denn die Schubflächen steigen heute zum Teil gerade nach der Richtung an, nach welcher sie ursprünglich geneigt waren. Dass bei der Überschiebung so grosser Gebirgsmassen auch innerhalb dieser wieder kleinere Brüche, Zerreissungen und Verwerfungen vor sich gehen mussten, ist selbstverständlich.«

Die Grundlinien der Struktur der Ostalpen sind von Prof. C. Diener dargestellt worden[1]). Seit E. Suess in seiner »Entstehung der Alpen« (Wien 1875) eine Übersicht des Baues der Ostalpen gegeben hat, ist der Versuch einer zusammenfassenden Darstellung der Struktur dieses Gebirges, wenn man von einem kurzen Abrisse der geologischen Leitlinien der Alpen durch Haug[2]) absieht, nicht mehr wiederholt worden. Durch die vereinten Bemühungen zahlreicher Beobachter, insbesondere durch die planmässigen Detailaufnahmen der k. k. Geologischen Reichsanstalt in Wien, sind jedoch im Laufe der beiden letzten Dezennien so viele neue Thatsachen auf diesem Gebiete festgestellt worden, dass nicht wenige unter den bisher verbreiteten Anschauungen den gegenwärtigen auf ein Verständnis des Gebirgsbaues gerichteten Ansprüchen nicht mehr genügen. Die Darlegung Diener's berücksichtigt nun besonders jene Punkte, in welchen eine Erweiterung der positiven Kenntnisse zu einer Änderung der ältern Auffassung zwingt. Wegen der Details muss auf das Original verwiesen werden, hier können nur die Schlussfolgerungen Platz finden, die Diener bezüglich der Grundlinien in Bauform der Ostalpen zieht: »Die Ostalpen bestehen aus mehrern Zügen, die gegen Osten fächerförmig auseinander treten. Der erste dieser Züge umfasst die Flyschzone, die zugleich eine ununterbrochene Verbindung mit den Westalpen vermittelt, die nördliche Kalkzone und jenen Ast der krystallinischen Zentralzone, der vom Bösenstein über St. Michael, die Gneismassen der Kleinalpe, des Mürzthales und der Cetischen Alpen zum Leitha-Gebirge zieht. Dieser Zug steht unter dem Einflusse der böhmischen Masse. Seine Fortsetzung bildet der karpathische Bogen. Der zweite Zug entspricht dem Hauptstamme der Zentralalpen. Er beschreibt ein den variscischen Gebirgsbögen Mitteleuropas paralleles Bogenstück mit nordwärts gerichteter Konvexität. Eine Zone von granitischkörnigen Eruptivgesteinen, die keinesfalls älter sind als die mittlere Trias, scheint diesen Bogen an seiner Innenseite zu begleiten. Es folgt der Drauzug, dessen Faltungen gleichfalls noch eine nordwärts gerichtete Bewegung des Gebirges verraten. Der letzte Zug, die südliche Kalkzone umfassend, geht in das System der dinarischen Falten über. Dieser Zug mit seinen gegen die Adria, nach SW, S und SO gerichteten Faltungen nimmt infolgedessen eine sehr selbständige Stellung im Baue der Alpen ein. Man kann daher Haug[3]) kaum Unrecht geben, wenn er sich aus tektonischen Gründen für eine Dreiteilung der Alpen ausspricht und jede der beiden grossen Hauptabteilungen der Ostalpen: Nordalpen und Südalpen — die letztern in dem ungefähren Umfange der südlichen Kalkzone und mit Ausschluss des Drauzuges

[1]) Petermann's Mitt. 1869 p. 204 ff.

[2]) E. Haug: Contribution à l'étude des lignes directrices de la chaîne des Alpes (Ann. de géogr. 1896. 5e année. No. 90. p. 167—178).

[3]) Ann. de géogr. 5e année. No. 90. 1896. p. 167.

— den Westalpen als ein tektonisch gleichwertiges Element gegenüberstellt.

Wenn man das Gesamtbild der Ostalpen ins Auge fasst, so sieht man, dass von einer symmetrischen Anlage des Gebirges nicht wohl die Rede sein kann, und dass die ältern Vorstellungen von einer solchen auf ungenügende Erfahrungen begründet waren. Dieser ältern Lehre gegenüber bekundet die zuerst von Suess in der »Entstehung der Alpen« vertretene Auffassung einen wesentlichen Fortschritt. Aber auch die von Suess damals vorgetragene Meinung, dass der Faltenwurf der gesamten Alpen durch einen einseitigen, von S nach N wirkenden horizontalen Schub bedingt sei, kann mit den neuern Fortschritten in der Erkenntnis der Struktur der Ostalpen nicht mehr in Einklang gebracht werden. Es ist vielmehr notwendig, auch über die Modifikation, die Suess selbst im Jahre 1885 an seiner Auffassung vornahm[1]), indem er die durch die fortschreitende Aufnahme des Gebirges konstatierten südwärts gerichteten Überschiebungen in der südlichen Kalkzone auf ein treppenförmiges Absinken gegen die adriatische Senkung zurückführte, noch hinauszugehen und zuzugestehen, dass in der südlichen Kalkzone der Ostalpen die Anzeichen einer südwärts gerichteten faltenden Bewegung ebenso deutlich sind als solche eines nordwärts gerichteten Schubes in der nördlichen Kalkzone oder Flyschzone[2]). Der periadriatische Randbogen granitisch-körniger, junger Eruptivgesteine erweckt gleichzeitig den Eindruck, als wären wirklich die Südalpen durch eine gegen die adriatische Mulde gerichtete Bewegung von dem nordwärts gefalteten Hauptstamme der Ostalpen abgetrennt worden, und als wären auf dem so entstandenen Risse jene Eruptivmassen hervorgetreten. So erscheinen die Ostalpen gebildet durch die Begegnung und das Aneinanderschliessen zweier Faltensysteme, von denen das eine vorwiegend gegen N, das andere vorwiegend gegen S gefaltet wurde. Dabei ist übrigens im Auge zu behalten, dass auch gegen die Entstehung der dinarischen Falten durch einen einseitigen, gegen S wirkenden Druck die Struktur der nordwärts an der kroatisch-serbischen Masse gestauten bosnischen Flyschzone einen gewichtigen Einwand bildet.

Spuren einer karbonischen Faltung, die zeitlich mit der Aufrichtung der variscischen Faltung in Mitteleuropa zusammenfällt, sind in der Zentralzone und in den Karnischen Alpen nachgewiesen. In der nördlichen Kalkzone, im Drauzug, vielleicht auch in der Bruchregion des südtirolischen Hochlandes fällt eine Phase intensiver Gebirgsfaltung in die Kreideepoche, vor die Zeit der Ablagerung der Gosauschichten. Die jüngste Faltung der Ostalpen fällt in die Tertiärzeit, doch verhalten sich die einzelnen Teile der Ostalpen zu den tertiären Ablagerungen in sehr verschiedener Weise. Die Rolle

[1]) E. Suess: Das Antlitz der Erde I. Bd. 2. Abt. p. 311—360.
[2]) Vgl. A. Bittner, Verh. k. k. Geol. Reichs-Anst. 1885. p. 24.

einer massgebenden Scheidelinie spielt in dieser Beziehung das Bacher-Gebirge. An die Bruchränder der Gebirgsteile nördlich vom Bacher sind miocäne Schichten angelagert, die südlich vom Bacher noch an an der Faltung teilgenommen haben. In Westslavonien sind selbst noch Paludinenschichten der levantinischen Stufe von der Faltung betroffen worden.

Je grösser die Fortschritte sind, die sich im Laufe der Jahre in unserer Erkenntnis der Struktur der Alpen vollzogen haben, desto schwieriger gestaltet sich das Problem der Gebirgsbildung, desto weniger will es gelingen, die komplizierten Verhältnisse auf eine einfache Grundformel zurückzuführen.«

Die Durchbruchsthäler der nordöstlichen Kalkalpen behandelte Prof. C. Diener[1]). »Von Schwaz in Tirol bis Gloggnitz in Niederösterreich wird die Südgrenze der nördlichen Kalkzone gegen die Zentralzone der Ostalpen durch eine ausgeprägte Depression bezeichnet, die einem fortlaufenden, streifenförmigen Bande von paläozoischen Schiefern und Werfner Schichten entspricht. Die Ausbildung dieser grossen, longitudinalen Depression, über der die Südabstürze der Kalkzone mit mächtigem Schichtenkopfe aufragen, ist ein Werk der Denudation, wenn auch die erste Anlage der in Rede stehenden Längsfurche durch tektonische Verhältnisse, insbesondere durch streichende, zum Teil mit Überschiebungen kombinierte Brüche bedingt sein mag. Es mag dahingestellt bleiben, ob diese Depression noch während der jüngern Tertiärzeit, wie Löwl annimmt, mit einem Längenthale zusammenfiel, das von einem einzigen Flusse über Mittersill, Wagrein, Radstadt und Rottenmann gegen das Murthal zu entwässert wurde. Heute erscheint dieses ehemals einheitliche Längenthal, wenn es jemals als ein solches existierte, zerstückelt, indem sich seine Wasser durch fünf Erosionsrinnen quer durch die gesamten nördlichen Kalkalpen und durch die vorliegende Flyschzone nach dem Alpenvorlande ergiessen. Diese fünf Durchbruchsthäler, die vom Südrande der nördlichen Kalkzone durch diese hindurch bis zum Alpenvorlande reichen, sind jene des Inn (zwischen Wörgl und Rosenheim), der Chiemseer Ache, der Saalach, der Salzach (zwischen St. Johann und Laufen) und der Enns (zwischen Admont und Steyer).

Auch diese Flussdurchbrüche sind, wie bereits vor vielen Jahren von C. W. v. Gümbel betont worden ist, reine Erosionswirkungen. Gümbel's Ausspruch: »Alle Thäler ohne Ausnahme sind in ihrer jetzigen Form Erosionsthäler, welche Ursache auch ihrer ersten Entstehung zu Grunde liegen mag«, dürfte heute wohl kaum mehr den Zweifel irgend eines Alpengeologen herausfordern. Nichtsdestoweniger bleibt noch zu untersuchen, in wie weit ein Zusammenhang in der Lage dieser Thäler und der Struktur des Gebirges erkennbar ist, es bleibt zu ermitteln, ob Anhaltspunkte für die Vermutung von

[1]) Mitteil. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1899. **42.** p. 140.

Beziehungen zwischen der ersten Anlage jener Durchbrüche und den tektonischen Verhältnissen ihrer Umgebung vorhanden sind, oder ob für jene erste Anlage Ursachen bestimmend waren, die uns heute nicht mehr als solche erkennbar sind und daher nur als Zufälligkeiten erscheinen.

Eine Untersuchung der fünf erwähnten Durchbruchsthäler lehrt, dass diese in Hinsicht auf ihre Beziehungen zur Struktur des Gebirges keineswegs einem gleichartigen Typus entsprechen.

Der Inndurchbruch liegt an der Stelle einer mit einem Abflauen der Intensität der Falten verbundenen Verschiebung der Kalkzone gegen Norden. Die Chiemseer Ache bezeichnet die Grenze zwischen zwei verschiedenen Strukturtypen innerhalb der Kalkalpen. Der Lauf der Saalach ist fast seiner ganzen Erstreckung nach durch tektonische Störungen vorgezeichnet, durch die die einzelnen Stöcke der salzburgischen Plateauregion voneinander getrennt und bis zu einem gewissen Grade individualisiert erscheinen. Der Durchbruch der Salzach von Werfen bis Golling, steht mit der Struktur des Hagen- und Tennen-Gebirges in keinem erkennbaren Zusammenhange; dagegen bildet nördlich von Golling das Salzachthal ebenfalls die Grenze zwischen zwei abweichend gebauten Gebirgsstöcken. Der Lauf des Ennsthales zwischen Admont und Altenmarkt endlich lässt eine gewisse Abhängigkeit von der hakenförmigen Umbiegung der grossen Stauungsbrüche in dem der Südspitze des böhmischen Massivs gegenüberstehenden Teile der nördlichen Kalkzone hervortreten.«

Nachdrücklich hebt Diener hervor, dass, sofern man in diesen Erscheinungen einen Einfluss der Struktur des Gebirges auf die erste Anlage der Querthäler erkennen will, diese in ihrer heutigen Form doch nur als Produkte der Erosion des fliessenden Wassers betrachtet werden können. »Selbst wo Thäler, wie das Ennsthal zwischen Admont und Hieflau mit grossen Dislokationen direkt zusammenfallen, ist die mäandrisch gewundene Flussrinne in den Details ihres Laufes ganz unabhängig von dem Verlaufe der Dislokation. Wie wenig aber die Tektonik des Gebirges für die Anlage der Querthäler allein massgebend war, geht schon daraus hervor, dass manchmal den bedeutendsten Querstörungen gar keine Flussdurchbrüche folgen. Die Salzach durchschneidet das geologisch einheitliche Plateau des Hagen-Tennen-Gebirges, während der Querstörung Strobl—Abtenau—Annaberg—St. Martin, einer der auffallendsten in den nördlichen Kalkalpen, die das Kater-Ramsau-Gebirge von der Osterhorn-Gruppe und das Tennen-Gebirge vom Dachsteine trennt, kein Durchbruchsthal folgt. Die Entstehung der Flussdurchbrüche wird man sich wohl in Übereinstimmung mit Penck und Wähner als in eine Zeit fallend vorzustellen haben, zu der die Zentralzone noch nicht durch eine tiefe Längsdepression von den nördlichen Kalkalpen geschieden war. Dass diese Durchbrüche zum Teil wenigstens bis in die Kreideepoche zurückreichen, ist bereits erwähnt worden. In das Innthal und in den Ennsdurchbruch zwischen Landl und Alten-

markt greifen Gosaubildungen ein, und von der Salzach sind in der Niederung von Salzburg die alten Mönchsberg-Konglomerate abgelagert worden.«

Der tektonische Aufbau des Balkan. Toula hat nunmehr seine 1895 begonnenen Forschungen und Aufnahmen im Balkan abgeschlossen [1]) und damit eine feste Grundlage für spätere Detailstudien geschaffen.

Was die Tektonik der Balkan-Halbinsel anbelangt, so stellt Toula dem westlichen und nordwestlichen Faltengebirge das östliche und südöstliche Schollengebirge mit dem Balkan selbst gegenüber; die Grenze zwischen diesen Gebieten verläuft ungefähr von Volo zu der Mündung der Drina in die Donau. Östlich von dem ausgesprochen gefalteten Gebirge, das die Streichungsrichtung der Dinarischen Alpen aufweist, schiebt sich zwischen dieses und das derselben Streichungsrichtung folgende ostserbische Faltengebirge eine Scholle älterer Gesteine aus SO gegen NW ein, die sich weit im SO an die grosse rumelische Masse anschliesst und sich als ein weit nach NW reichender Teil eines alten Festlandes darstellt, dem vor allem das grosse, altkrystallinische Schollengebirge des Rhodope- oder des Despotogebirges angehört.

In den zwischen den bisher genannten Gebirgen liegenden Landmassen unterscheidet Toula 1. das nordbalkanische Vorland, 2. das der Hauptsache nach gefaltete Balkansystem, 3. das dem Balkan südlich vorgelagerte Mittelgebirge (Sredna Gora) und 4. das Ausbruchsgebirge von Jambol-Aitos-Burgas.

Toula hält den Balkan nicht für ein »einseitiges Schollengebirge«, sondern vergleicht ihn mit den Karpathen. Die Einbrüche, worauf die Thalbeckenkette zurückzuführen ist, die den Südwest- und den Südrand des Balkans begleitet, entsprechen den Einbrüchen am Südfusse der Alpen wie der Karpathen. Wie bei den Karpathen liegt im N eine ausgedehnte Kreidetafel vor, die bis an die Donau reicht, wie bei diesen treten alte Gebirgsschollen im S auf, und sind in dem östlichen, grössten Einbruchsgebiete gewaltige Eruptivmassen zu Tage gefördert worden.

Die Zusammenschiebung und Aufstauchung der Schichten, also die eigentliche Gebirgsbildung, dürfte im östlichen Balkan, wo auch das Oligocän gestört ist, nach dessen Ablagerung und vor Ablagerung der Spaniodonschichten, also im ältern Miocän, erfolgt sein. Im zentralen Balkan sind wiederholte Pressungen anzunehmen, die in ältere Zeit zurückreichen dürften. Wieder anders ist es im westlichen Balkan, wo auch paläozoische Schichten auftreten, die in den übrigen Teilen fehlen. Hier ist im SW eine von balkanischen verschiedene Sedimentzone angepresst; auch die untere Trias spielt hier und bis an den Isker eine wichtigere Rolle. Eocän und Miocän

[1]) Denkschriften d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien 63.

fehlen im Westbalkan gänzlich. Hier im W treten auch Plateaus mit Karstcharakter auf. Lücken in den Sedimentzonen lassen auf lange Perioden des Abtrages schliessen, deren wichtigste in die paläozoische Ära fallen dürfte und im zentralen und im östlichen Balkan von viel längerer Dauer war, als im westlichen.

Die Entwickelungsgeschichte des Balkans ergiebt sich im wesentlichen folgendermassen: Ein altes, grosses Festland aus krystallinischen Gesteinen reichte einst vielleicht bis über die Donau weit nach Norden; es zerbrach und versank zum grossen Teile; im Balkangebiete bestand es wohl bis zum Beginne der Trias. Die untere und die mittlere Trias sind durch marine Seichtwasserbildungen von teils ostalpinem, teils mitteleuropäischem Charakter vertreten. Nach einer Unterbrechung folgte eine neue Meeresbildung während der Liasformation. Der Verlauf der Unterbrechung ist in den verschiedenen Teilen des Gebirges verschieden. Verhältnismässig am vollständigsten sind die Kreidebildungen entwickelt, jedoch in verschiedener Fazies. Während der jüngern Kreide begannen Durchbrüche andesitischer Gesteine, die sich im Eocän fortsetzten. Seit der Ablagerung der oligocänen Cyrenenmergel ist der Balkan wieder Festland; hierauf vollzog sich die letzte und wichtigste Phase der Gebirgsbildung.

Eine vergleichende Schilderung des Kaukasus und der Alpen gab Prof. A. Heim auf Grund persönlicher Beobachtung während einer Durchquerung des Kaukasus auf der Strasse von Wladikawkaz nach Tiflis. Die Reise dauerte zwar nur vier Tage, auch konnte von einem ruhigen Untersuchen keine Rede sein, doch gelang es Prof. Heim, teils im Gehen teils im Fahren fast lückenlos der Querstrasse entlang Bergformen und Schichtlagen so zu skizzieren, dass er dann durch Zusammensetzung der Skizzen an der Hand der Dimensionen, die die russische Karte in 1 : 420 000 giebt, ein Querprofil durch den Kaukasus auf der Linie der grusinischen Heerstrasse entwerfen konnte, welches zwar nur ein vorläufiges, auf besseres harrendes und sehr unvollkommenes Bild ist, aber doch etwas mehr als die bisher publizierten Profilstücke bietet und manchem Geologen und Geographen gerade als Übersichtsbild in annähernd richtigen Proportionen erwünscht sein dürfte. Zunächst schildert[1]) Prof. Heim das Gebirge aus der Entfernung von aussen. »Von der Nordseite, also z. B. von der Bahnlinie Piatigorsk-Wladikawkaz gesehen,« sagt er, »gewährt der Kaukasus vielfach ein imposantes Bild. Er erinnerte mich am meisten an die Alpen, gesehen von der bayrischen Hochebene. Seine Vorberge sind aber vielfach sehr langweilig gestaltet. Weithin steigen die Schichten ganz langsam gegen das Gebirge an, während in den nördlichen Randketten der Alpen die Falten nördlich überliegen, und deshalb die Berge ihr steiles Gesicht gegen das Vorland wenden. Nirgends sahen wir den

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1898. 43. p. 25—45.

Kaukasus etwa so wie die Alpen von Zürich, von Bern, vom Jura. Um ein grossartiges Kammbild des Kaukasus zu erhalten, müsste man schon auf die höhern Berge des armenischen Hochlandes südlich von der Kura und dem Rionflusse gehen.«

Eine Art Aufrissbild oder Längsansicht von dem östlichsten Teile der Kaukasuskette gegen das Streichen gesehen, konnte Prof. Heim aus fahrendem Bahnzuge an dem wolkenlosen Morgen des 24. September zeichnen. In gleicher Weise skizzierte er den westlichen Flügel vom Dampfschiffe Xenia während der Fahrt auf dem Schwarzen Meere am 28. September von westlich vorschreitendem Standpunkte aus zu verschiedenen Tagesstunden. »Diese Skizzen zeigen, dass in diesen Teilen nach den äussern Formen der Kaukasus weit mehr an den Appenin, als an die Alpen erinnert. Im landschaftlichen Charakter sind aber das Westviertteil und das Ostende des Kaukasus voneinander ganz verschieden. Die östlichen Ausläufer sind kahle Felswüste, ein vollkommen ödes, enorm von Thälern und Schluchten und Schlüchtchen durchfurchtes gelbbraunes Gebirge. Das westliche Viertel des Kaukasus dagegen ist waldreich. Die Ufererosion durch das Meer arbeitet sogar schneller als die Thalbildung und hat in steilen Uferklippen den Profilschnitt der Thalfurchen und der zwischenliegenden Gräte entblösst, ohne dass die Thalfurchen bisher im Einschneiden dem Meere überall nachzukommen vermocht hätten. Dort also im Ostkaukasus, trotz grösserer Trockenheit wegen der Kahlheit und der Platzregen beschleunigte, hier im Westkaukasus durch den geschlossenen Wald trotz der häufigern, aber ausgeglichenern Niederschläge verlangsamte Thalbildung.

Nur das mittlere Drittel des langen Kettengebirges hat hochalpinen Formentypus. Ganz besonders grossartig ist derselbe in der Granitzone entwickelt, welcher auf der ganzen Linie zwischen Kasbek und Elbrus die höchsten Gräte und Gipfel angehören. Es erinnert besonders von der Südseite an die Alpen aus der Poebene gesehen, aber die Gipfel und Kämme sind im allgemeinen etwas weniger reich und scharf gegliedert als bei den Alpen. Frischer Schnee reichte am 26. September bis ca. 3500 *m* herab.

Die Thalformen, die Pässe im Innern des Kaukasus sind in der Regel den Alpen ähnlich. Besonders an den Gehängen der Thäler des Südabhanges sind bis hoch hinauf oft sehr schöne Fels-Erosionsterrassen, unabhängig von der Beschaffenheit und Lagerung des Gesteines, zu sehen, ganz ähnlich wie in den Alpen. Dagegen sind in den von uns begangenen Thälern der Terek und der Aragwa die Thalstufen bei weitem nicht so kräftig ausgebildet, wie z. B. im Reussthal, Rheinthal u. s. w. Man trifft hier nicht oberhalb steiler Schluchten plötzlich wieder auf flache sanfte Thalböden. Auch die engen Durchbrüche, wie z. B. die Darielschlucht, stellen im Längsprofile keine so prägnanten Abstürze dar, wie ähnliche in den Alpen, z. B. die Schöllenenschlucht. Das Thal der Aragwa hat von Mlety

1474 *m* bis zum Zusammenflusse mit der Kura 485 *m* ziemlich gleichförmiges Gefälle. Auf der enorm langen Strecke ist eine Differenz von Stromschnelle und Thalstufe nicht bemerkbar. Einen Wechsel, wie Rheinwaldthal — Rofna — Schams — Via Mala — Domleschg und viele ähnliche in den Alpen, haben wir auf unserem Querwege nicht getroffen. Der Thalabfall ist also gleichförmiger, nicht so prägnant in Abschnitte gestuft wie in den Alpen. Damit im Zusammenhange fiel mir auch auf, dass die Seitenthäler meist ziemlich flach in gleichem oder nur wenig höherem Niveau in die Hauptthäler münden. Die in den Alpen so gewöhnlichen Steilabstürze der Seitenthäler bei der Mündung ins Hauptthal habe ich in dem von uns durchgegangenen Teile des Kaukasus nicht gesehen. Dementsprechend fehlen auch die grossen Wasserfälle. Ich erinnere mich wohl an Flussschnellen, aber an keinen Wasserfall aus dem Kaukasus, sie treten jedenfalls an Häufigkeit sehr zurück im Vergleiche mit den Alpen.

Die Thalformen des Kaukasus sind auch in ihren Zusammensetzungen im ganzen einfacher, weniger verwickelt, als in den Alpen. Es scheint, dass die Schicksale der Thäler noch weniger mannigfaltig gewesen sind im Kaukasus als in den Alpen. Damit in Übereinstimmung fehlen im Kaukasus die Thalseen vollständig, und das ist eigentlich der am stärksten in die Augen fallende landschaftliche Unterschied, der sehr zu Ungunsten des Kaukasus wirkt. Es giebt nur Bergseen; aber auch diese sind nicht zahlreich vorhanden und meist klein. Die von uns besuchten grossen Querthäler zeigen auch keine andern Spuren dafür, dass eine nachträgliche Einsenkung des durchthalten Gebirges stattgefunden habe. Es fehlen die breiten Alluvialböden, die tief ins Gebirge hineinreichen und gleich an den wilden Stromschnellen abstossen, wie sie in den Alpen so verbreitet sind — es sind somit auch nicht etwa Seen vorhanden gewesen, die seither aufgefüllt worden wären. Der Kaukasus ist noch nicht ins Stadium der Randseenbildung getreten, er entspricht noch den Alpen im Beginne der ersten Interglazialzeit. Man sieht hieraus abermals, dass die Gletscher nicht Seebecken bilden, denn wie Abich und Favre gezeigt haben, reichten z. B. im Thale der Terek die Gletscher weit über Wladikawkaz hinaus; das Thal ist aber dennoch nicht zum Seebecken ausgeschliffen worden.

Das Einzelne der Gestaltung hingegen ist im Kaukasus ganz so wie in den Alpen. Am Absturze der Moränenterrasse im untern Terekthale sah ich Erdpfeiler genau wie in den Alpen. In grosser Zahl treffen wir auf Wildbachgebiete, die ganz wie die alpinen gebaut sind. Aus den Seitenthälern heraus wachsen überall Schuttkegel der verschiedensten Dimensionen. Manchmal frisst der Hauptfluss den Schuttkegelfuss an, manchmal hat auch der Wildbach sich in seinen eigenen Schuttkegel mit dem Hauptflusse wieder tief eingeschnitten; an andern Orten überschüttet er denselben mit grossen Muhrgängen. Die Spuren von allerlei Rutschungen an den

Gehängen und andere Beweise der fortgehenden Formung durch Erosion und Verwitterung sind häufig. Die Grat- und Gipfelformen der höhern Regionen, die Thalgletscher und Hängegletscher, die Schneegräte und Schneemulden, die Lawinenfurchen und Steinschläge, die Schutthalden und Felsen sind in ihren äussern Formen so durchaus gleichartig wie in den Alpen, die Gestalten sind auch hier mit einziger Ausnahme der konischen Gipfel von Kasbek und Elborus so sehr vorherrschend von Erosion und Verwitterung modelliert, dass auch ein Kenner die herrlichen, von Sella photographierten Kaukasusgipfelpanoramen für Bilder aus den Alpen halten könnte. Für die tiefern Regionen freilich, besonders auf der Nordseite und im Gebiete der Heerstrasse, wäre diese Verwechselung deshalb nicht möglich, weil hier im Kaukasus der Tannenwald, sogar überhaupt aller Wald mit Ausnahme an der äussersten Randzone fehlt. Es fehlen die freundlichen Häuser und Dörfer, es fehlt das liebliche Farbengewebe, das bei uns aus dem gepflegten Wechsel von Wald, Wiese und Feld, Hecke, Weg, Haus und Scheune u. s. w. entstanden ist. Das Bild ist trotz gleicher Bergformen ein ganz anderes, ein weit weniger schönes, besonders kein »lachendes«. Landschaften, wie etwa die Umgebungen des Vierwaldstättersees, Thunersees u. s. w. finden sich nirgends im Kaukasus. Schöne Wälder sind in den einsamen Thälern vorhanden, hingegen im Thale der Terek längst vollständig vernichtet. Zur Zeit unseres Besuches, 17. bis 29. September, waren die spärlichen Weiden auf dem Nordabfalle braun und steppenartig; alles sah öde und kahl aus. Erst gegen die Passhöhe wurden die Weiden etwas grün, und am Südabhange sah die Gegend bis gegen Tsilkany in der Vegetation noch frisch aus. Nur an einzelnen Stellen, wie bei Mlety und wieder bei Duschet, bietet der Farbenwechsel von Wiese, Feld und Wald ein wohlthätiges Kulturbild. Dann folgte die verstaubte, verdörrte, steppenartige Umgebung von Tiflis. Nur im Frühlinge kann es dort wohlthuend und schön aussehen.

Es fällt beim Durchqueren des Kaukasus sofort auf, dass die enormen zentralmassivischen Zonen der Gneise und Glimmerschiefer, überhaupt der echten archäischen krystallinischen Schiefer, die andern Hochgebirgen zu eigen sind, im Kaukasus fehlen. In dem Querprofile auf der Linie der grusinischen Strasse giebt es gar keine echten krystallinischen Schiefer, keinen normalen Gneis. Das sonst vielleicht massenhafteste Glied der Erdrinde fehlt!

In ungeheurer Ausdehnung treffen wir noch nicht näher bestimmte paläozoische, meist thonschiefrige, hier und da in Kalkschiefer und Kalksteine ükergehende Schichtenkomplexe. Darin sind Spuren karbonischer Pflanzen und einige undeutliche andere, wahrscheinlich paläozoische Fossilien entdeckt worden. Eine nähere Gliederung fehlt, und es würde mich nicht verwundern, wenn später noch ein Teil der Gebilde dieser Zone als jünger sich erweisen sollte. Dem Kaukasus fehlt das Triassystem anscheinend vollständig.

Im Jurasysteme finden wir dagegen mehr Analogien, immerhin ohne wirkliche Faziesgleichheit.

Das Kreidesystem ist am Nordrande im Profile der crusinischen Heerstrasse kaum zu sehen, dagegen haben wir es in der Umgebung von Piatigorsk getroffen. Wladikawkaz und Piatigorsk stehen auf älterem Tertiär (wahrscheinlich Oligocän, nicht Eocän). Am Südabhange ist in unserem Profile die Kreide auch nicht zu finden. Eine Überschiebung des Jura auf Eocän scheint sie verdeckt zu haben. Die Aufschlüsse sind dort sehr unzulänglich. Weiter westlich hingegen soll Kreide vorhanden sein.

Die Tertiärgebilde bauen von Ginvani bis südlich über Tiflis hinaus die Berge und die Thalgründe auf. In ihrer jüngern Hälfte, den Ablagerungen der sarmatischen Stufe, sind sie vielfach im Ansehen vollständig gleich der schweizerischen Molasse mit ihren bunten Mergeln und grauen Sandsteinen. Vulkanische Tuffe bilden einzelne Lager darin. Etwas nördlich Mtzket fanden wir unter einer Ruine an der Strasse einen solchen Tuff, reich an Säugetierzähnen neben Helix und Cardium. Hier aber befinden wir uns schon nicht mehr im eigentlichen Kaukasus, mehr im »kleinen« oder »Antikaukasus«, welchem auch die Region von Tiflis angehört. Es folgt als jüngere Bildung nur noch das Terrassenkonglomerat von Bodorno an der Südseite und die Moränen- und Fluvioglazialterrassen im Terekthale.

Die ältesten Eruptivgesteine des Kaukasus sind als Tiefengesteine entwickelt und entblösst, es sind die Granite. Sie bilden eine bedeutende, nach Favre wohl 225 *km* lange Zentralzone, der die meisten hohen Gipfel und Gletscherausstrahlungsstöcke angehören. Der Granit ist hellfarbig mit dunklem Glimmer. Er gleicht vielen alpinen Graniten zum Verwechseln. Selten nimmt er in einigen Streifen etwas Augengneistextur an. Die Grenze gegen die paläozoischen Schiefer auf beiden Seiten ist den Schichten der letztern ziemlich parallel, zeigt aber deutliche Instrusionen des Granites in den Schiefer. Das ganze Zentralmassiv ist vom Terek in der Darielschlucht durchsägt. Dieser Durchbruch erinnert am ehesten an die Schöllenenschlucht oder die Rofna, hat aber weit weniger Gefälle und keine Wasserfälle. Das Terekthal ist hier am engsten, wo das Gestein am widerstandfähigsten ist.

Die auffallendsten Erscheinungen des Kaukasus sind die modernen Vulkankegel und modernen Lavaströme. Diese Ergusssteine sind Andesite, mehr Hornblendandesite am Kasbek, mehr Augitandesite am Elborus. Ihre zart grauen oder noch öfter leuchtend rötlichen Ströme zeigen meistens herrliche säulenförmige Absonderungen. Aschen- und Schlackenkonglomerate wechseln mit den Laven. Als wären sie noch in Bewegung, so hängen sie vom Kasbek hinab in das Thal und schmiegen sich wie ein Gletscher den jetzigen Bodenformen an. Bei einzelnen deuten vorragende Erstarrungsränder, in den Formen an Moränen erinnernd, das mächtigere Querprofil des Stromes vor seinem Abfliessen in tiefere Teile an. An manchen Stellen, z. B.

bei Sion, haben die Lavaströme das Hauptthal abgedämmt und sind seither wieder vom Flusse durchschnitten worden. Die Moränen der alten Kasbekgletscher im Terekthale unten sind erfüllt mit Andesitblöcken, und mächtige erratische Andesitblöcke liegen auf den fluvioglazialen Terrassen im untern Terekthale. Andere Andesitlaven sind über Moränen geflossen und haben dieselben an ihrem Kontakt verschlackt. Der Kasbek hat in seiner Basis lauter steil aufgerichtete, von alten Diabasen durchschwärmte paläozoische Schiefer. Auf diesen ist der moderne Trachytkegel des Kasbek aufgebaut; derjenige des Elborus liegt auf der Granitzone. Ein Mantel von zahlreichen Eisströmen, Lavaströmen und Schlackenschichten hängt von diesen Kegeln in die Thäler herab. Der Kaukasus hat etwa vier grosse solche Andesiteruptionszentren, daneben noch kleinere. Im Elborus und Kasbek bilden die Andesite die höchsten Gipfel des ganzen Kaukasus. Ihre Formen sind, wie es jungen vulkanischen Aufschüttungskegeln entspricht, konisch und mild gestaltet und bilden darin einen Gegensatz zu den zackig zerrissenen, schon viel länger der Verwitterung ausgesetzten Granitgipfeln, wie z. B. dem Uschba oder dem Kachtan-Tau. Aufschlüsse, die in die Wurzel der modernen Vulkane einschnitten, Andesitgänge in den paläozoischen Schiefern oder die ältern Diabasgänge schneidend, scheinen noch nicht entblösst zu sein. Die Übergüsse von Laven und Schlacken verhüllen sie noch. Aus historischer Zeit weiss man nichts mehr von Ausbrüchen der Vulkane des Kaukasus. Diese Ausbrüche sind teils älter, teils jünger als die Moränen. Sie gehören der Eiszeit und dem Schlusse derselben an. Sie sind jünger als der grösste Teil der Thalbildung im Kaukasus, hier und da haben sie einen Fluss abgelenkt und zu jüngerer Thalbildung auf anderer Linie gezwungen. Die grossen Lavaströme, die gegen Mlety geflossen sind, haben das Wasser an ihre Flanken gedrängt und dort jüngere Thalbildung veranlasst, die zugleich die Lavaströme dazwischen als mächtigen Bergrücken völlig herausgeschält hat. Einige von den ältern Strömen, z. B. ein herrlich säulig abgesonderter Strom bei Kobi, ist wohl 50 *m* tief von jüngerer Thalbildung angerissen. Aber das alles ist nur ein kleiner Bruchteil der gesamten Durchthalung. Die Andesitbergmassen von Elborus und Kasbek scheinen die jüngsten zu sein, denn ihre Aussenformen sind noch am unverändertsten geblieben, am wenigsten durch Thalbildung und Abwitterung verändert. Die Berge östlich Kobi und Sion sind schon viel stärker durchschluchtet.

Mit seinen Vulkankegeln und Laven stellt sich der Kaukasus den Anden verwandt. Im fertigen Kettengebirge sind nachträglich Vulkane ausgebrochen, und zwar nicht in einer Randzone, an einem Bruchrande, sondern in der Zentralzone. In den Alpen ist dies nicht geschehen. Allein wenn morgen z. B. an der Grimsel oder am Gotthard ein Vulkan ausbräche, so wäre das nicht sonderbarer, als die thatsächlichen Erscheinungen im Kaukasus heute sind. Die Alpen sind ein gewaltiges Kettengebirge ohne junge vulkanische

Ausbrüche, der Kaukasus ist ein solches mit jungen Eruptionen. Alle Eruptivgesteine der Alpen sind älter als die Faltung, älter als die Thalbildung, älter als die Vergletscherung. Die Andesite von Elborus und Kasbek sind jünger als die Faltung, jünger als die Thalbildung, zum Teil sogar jünger als die Vergletscherung. Sie sind aufgetürmt worden, während unterdessen die andern Gipfel unter Abtrag modelliert worden sind. Sie sind ganz neue fremdartige Geschöpfe mitten in einem alpinen Gebirge und in Beziehung auf die Formung von diesem zum Teil noch nicht assimiliert.

Die Eruptivgesteine des Kaukasus sind somit im Querprofile von Wladikawkaz nach Tzilkany — denn weiter reicht der eigentliche Kaukasus nicht — bloss repräsentiert durch Granit als altes Tiefengestein, verschiedene Grünsteine als ältere Ganggesteine und die Andesite als moderne Ergussgesteine. Auch hierin somit im Kaukasus wieder viel weniger Mannigfaltigkeit als in den Alpen, selbst wenn spätere Untersuchungen die Zahl der Typen verdreifachen sollte.«

Was die Tektonik des Kaukasus anbetrifft, so spricht sich Prof. Heim dafür aus, dass derselbe unvergleichlich einfacher und einförmiger gebaut ist als die Alpen. Es zeigt sich dies in folgenden Erscheinungen:

»Wir haben ein einziges Zentralmassiv, das Granitmassiv der Darielschlucht; in einer einzigen Zone tauchen die krystallinischen Silikatgesteine durch Faltung herauf. Durchqueren wir irgendwo die zentralern Teile der Alpen, so schneiden wir doch wenigstens zwei Zentralmassive. Das Profil Reuss-Tessin z. B. schneidet das Aarmassiv, Gotthardmassiv und Tessinermassiv, und die Alpen im ganzen haben über 30 durch sedimentäre Muldenzonen umgrenzte Zentralmassive.

Die alpinen Zentralmassive sind meist komplizierte fächerförmige Faltensysteme, gebildet aus krystallinen Schiefern, alten Eruptivgesteinen und umgewandelten Sedimenten. Das einzige Zentralmassiv des Kaukasus besteht nur aus einer anscheinend (wenigstens im Profile am Terek) einheitlichen Granitmasse, welche von Gängen basischer Eruptivgesteine durchschwärmt ist. Kaum dass sich dazu noch etwas Gneis gesellt.

Die sedimentären Zonen beiderseits haben in unserem Querprofile keine Wiederholungen der verschiedenen Schichtsysteme in je zwei oder mehrern Zonen, sondern symmetrisch beiderseits des Zentralmassives folgen nach aussen je eine Zone der paläozoischen Schiefer, dann je nur eine Zone Liasgesteine, je eine Zone Dogger und Malmgesteine, dann Tertiärgebilde. In den Alpen hingegen haben wir drei, vier bis acht Kreideketten, die wieder durch eocäne Muldenzonen geteilt sind, zwei, drei oder mehr jurassische Ketten, die durch Kreide und Eocänmulden geschieden sind, nicht zu reden von den grossen liegenden Überfaltungen, dem Klippenphänomen und dergleichen. Hier im Kaukasus alles je nur einmal — oder doch, falls sich an der Südseite noch grössere Komplikationen entdecken lassen,

immer noch ein viel geringerer, durch Faltung bedingter Wechsel der Gesteinszonen als in den Alpen.

Gewiss kann man sich vorstellen, dass unter der Schar der paläozoischen Falten noch verborgene »Zentralmassive«, d. h. Auffaltungen der krystallinen Silikatgesteine liegen, und es ist denkbar, dass tiefere Erosion in Zukunft solche Kerne erschliessen lässt. Allein den alpinen Zentralmassiven, welche die höchsten Gipfel bilden, könnten sie doch niemals an Bedeutung gleich sein. Obschon ja jetzt die Gipfelhöhen und Thaltiefen den Alpen sehr ähnlich sind, sind dennoch noch keine andern Zentralmassive sichtbar geworden, ausser dem einen gewaltigen zentralen Granitzuge. Aber auch die jüngern sedimentären Mulden fehlen zwischen den Kämmen der paläozoischen Zone. Es kann also der einfachere Bau, der geringere und nicht sich repetierende Zonenwechsel nicht als bloss scheinbar und durch das jetzige Denudationsstadium bedingt angesehen werden. Vielmehr hat eben im Kaukasus, abgesehen von der einzigen Granitzone, durchweg die Faltung viel weniger tief ausgeholt als in den Alpen; die Höhenunterschiede von Gewölbescheitel und Muldenboden sind viel geringer geblieben. Es ist nur eine ganz gewaltige Auffaltung im Kaukasus da, während alle andern beiderseits nördlich in geringerer, südlich in grösserer Zahl und breiterer Zone sich anschmiegenden Falten von viel niedriger Ordnung sind.

Statt dem enormen mannigfaltigen Wechsel in der Schichtstellung in den Alpen treffen wir im Kaukasus alles zusammengeordnet zu einem einzigen enormen breiten Fächer.

Ein weiterer sehr auffallender Unterschied gegenüber den Alpen liegt darin, dass im Kaukasus — offenbar zusammenhängend mit den einfachern grossen Gestalten der Faltung im Gegensatze zu der viel verwickeltern Zerknitterung der Erdrinde in den Alpen — die mechanische Umformung der Gesteine weit weniger intensiv ist als in den Alpen. Der Kaukasus ist mechanisch ein milderes Gebirge als die Alpen. Im Kaukasus hätte man niemals die mechanische Gesteinsumformung durch die Gebirgsbildung entdecken und deren Bedeutung ahnen können. Die höchsten Leistungen der gebirgsstauenden Kraft, die Umlagerung der Moleküle und Atome, die Umbildung der innersten Strukturen sind kaum angedeutet.«

Was das geologische Alter des Kaukasus anbelangt, so kommt Prof. Heim zu dem Ergebnisse, dass die Faltung, durch welche dieses Gebirge aufgetürmt wurde, in die Pliocänzeit fällt, und dass sie schon mehr oder weniger fertig vollzogen und das Gebirge schon durchthalt war, bevor die Andesiteruptionen in diesen Thalgebieten erfolgt sind. Damit steht in Übereinstimmung, dass die Andesitströme fast durchweg in ihrem Gange von den jetzigen Thalformen geleitet sind und die seitherige Erosion nur einen meistens kleinen Bruchteil der ganzen Thalbildung darstellt.

Ferner kommt er zu dem Schlusse, »dass der Kaukasus nicht in verschiedenen Perioden Stück um Stück, sondern wenn auch noch

so langsam, doch in einem Male ganz und gar in der Pliocänzeit aufgebaut worden ist.

In vollkommener Übereinstimmung mit den Lagerungsverhältnissen im Aragwa- und Kurathale stehen die Erscheinungen am östlichen und westlichen Ende des Kaukasus. Bei Baku finden wir die Miocänschichten und sogar noch das untere Pliocän gefaltet, den oberpliocänen Bakukalk aber als flache Decke aufliegend. Bei Kertsch sind die sarmatischen Schichten disloziert. Auch in den Alpen treffen wir das Obermiocän noch gefaltet, Pliocän zum Teil noch mitgehoben, Unterdiluvium an den Thalflanken oder auf den niedrigen Vorbergen als fluvioglaziales Decken- und Terrassenkonglomerat diskordant auf die obermiocänen Schichtenköpfe gesetzt. In den Alpen sind ältere Diskordanztransgressionen (zwischen Carbon und Trias) nur strichweise zu finden, auf weiten Gebieten hat vollständig einheitliche, gleichzeitige Faltung alle Schichten vom Archäischen bis und mit dem Miocän harmonisch ergriffen. Alpen und Kaukasus sind also gleich alt oder, besser geologisch gesprochen, gleich jung. Sie sind beide durch einheitliche Faltung einer vorher gar nicht oder nur strichweise und nur wenig dislozierten Zone während der Pliocänzeit aufgetürmt.

Nachher aber hat sich das Schicksal der beiden Gebirge verschieden gestaltet. Während des Diluviums (in der ersten Interglazialzeit) sind die Alpen etwas nachgesunken und dadurch ihre Thalböden zu Seen ertrunken, im Kaukasus hingegen brachen zu eben dieser Zeit die Andesitvulkane aus. Dort Seebildung, hier Vulkane! Ist vielleicht das vulkanische Leben die Ursache dafür, dass im Kaukasus die seebildende Einsenkung noch nicht stattgefunden hat? Steht vielleicht damit in Zusammenhang, dass der durch die Pendelbeobachtungen im Kaukasus nachgewiesene »Massendefekt« bedeutend geringer ist, als in den Alpen?

Der Kaukasus hat die höhern Gipfel; die höchsten sind die dem schon vorhandenen durchthalten Kettengebirge zuletzt aufgesetzten Vulkane. Allein die Alpen sind strategraphisch, petrographisch und tektonisch doch viel mannigfaltiger, viel grossartiger, sie sind durch einen viel gewaltigern Zusammenschub in der Erdrinde erzeugt worden, als der mächtige Kaukasus.«

Morphologie des Tiën-schan. Eine sehr wertvolle kritisch-litterarische Studie über dieses Glied der Gebirgswelt Innerasiens hat Dr. M. Friederichsen veröffentlicht[1]). Der Name ist chinesischen Ursprunges und bedeutet »Himmelsgebirge«, bezog sich aber ursprünglich nur auf den östlichen Teil des Tiën-schan unserer heutigen Karten. Auf Grund der tektonischen Verhältnisse und Streichungslinien der Gebirge können wir weitergreifend heute von einem Tiën-schan-Systeme reden, wie zuerst v. Richthofen erkannte. Derselbe

[1]) Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin 1899. No. 1. p. 1 ff

zog zu diesem erweiterten Tiën-schan-Systeme auf Grund der gleichen Hauptstreichungsrichtungen nicht nur das Alai-Gebirge (im Süden des Ferghana-Thales), sondern auch die Pamir-Züge und den Hindukusch.

In überaus klarer Anordnung ihrer grossen Züge springen die einzelnen Glieder dieses Systems, im Osten schmal beginnend, gegen Westen fächerförmig verbreitert, weiter und weiter gen Westen vor, zumeist im Detail ihrer Gliederung wiederholend, was im Grossen ihre Zusammenfassung begründet.

Nur das mittlere Glied dieses Systems ist Gegenstand der Besprechung Friederichsen's.

Als genügend selbständig erscheint der Hindukusch, als eng mit der Pamir verbunden der Alai, durch das Vorherrschen der Nordwest-Streichrichtung dem Altai-Gebirge zuzurechnen, der Tarbagatai. Was zwischen ihm als Nordgrenze und dem Pamir-Alai als Südgrenze liegt, ist Gegenstand der Besprechung, bildet das Gebirgsland des eigentlichen Tiën-schan.

Da kein Gebirge ohne eine gewisse Kenntnis seiner nähern Umgebung verständlich ist, zieht Verf. nicht nur die umgebenden Wüsten- und Steppengebiete, soweit erforderlich, in den Gesichtskreis, sondern auch an den Berührungspunkten die benachbarten Teile des Tiën-schan- (d. h. Pamir-Alai) und des Altai-Systems.

In diesen Grenzen bezweckt seine Arbeit eine Analyse der Gebirgsanordnung, der vertikalen Gliederung, der hydrographischen, geologischen, tektonischen und klimatischen Verhältnisse zu geben, kurz eine Morphologie des Tiën-schan und seiner unmittelbaren Umgebung zu versuchen, und zwar in den Grenzen der durch F. v. Richthofen als Richtschnur für die wissenschaftliche Geographie formulierten These, dass der Gegenstand der wissenschaftlichen Geographie in erster Linie die Oberfläche der Erde für sich ist, unabhängig von ihrer Bekleidung und ihren Bewohnern.

Der Fläming wurde von Dr. E. Schöne geschildert[1]). Dieser Landrücken erstreckt sich von Burg bis Dahme in einer Länge von 116 *km* und zerfällt in drei Teile, die westliche Abflachung gegen die Elbe, das mittlere, wasserärmere Hügelgebiet und die östliche sandreiche und wasserlose Plateaufläche. Die höchste Erhebung ist der 201 *m* hohe Windmühlenhügel bei Hagelberg. In seiner heutigen Gestalt ist der Fläming, speziell in seinem mittlern Teile, ein unregelmässig gewelltes, aus wirr aneinander gereihten, maulwurfshaufenähnlichen Hügeln bestehendes, unter eine mächtige Decke von Geschiebesand getauchtes Diluvialplateau, das stellenweise mit erratischen Blöcken übersät ist, ein Gebiet also, dem zum echten Typus einer Grundmoränenlandschaft nichts weiter fehlt als ein grösserer Reichtum an abflusslosen Weihern, Tümpeln und Moorflächen. Westwärts zum

[1]) Dissertation. Verlag von Duncker & Humblot. Leipzig 1898.

Elbthale verflachen sich die Höhen allmählich derart, dass die Gegend zwischen Zerbst, Burg und Ziësar als eine fast gleichförmig ausgebreitete Ebene erscheint. Erst wenn man sich in der breiten Elbniederung befindet, wird das Terrain wieder etwas lebhafter infolge der hier auftretenden Dünenzüge. Auch ostwärts, nach dem Niederlausitzer Abschnitte des Plateaus zu, ändert sich der oben gekennzeichnete Oberflächencharakter des mittlern Teiles. Auch hier mildert sich in etwas der bewegte Terraintypus der Landschaft. Dafür nehmen ausgedehntere Strecken ebenflächigern Charakter an, während sich auf ihnen der Decksand anhäuft, so dass der Wanderer, wenn er die besser gepflegte Chaussee verlässt, auf den vorhandenen Dorf- und Feldwegen in des Wortes eigenster Bedeutung bis über die Knöchel im Sande waten muss. Nach dem Lausitzer Rücken zu stellen sich auch zahlreichere Thäler und Niederungen ein, die mit kleinen Teichen und Seen von stagnierendem Wasser erfüllt sind, und die daher auch landschaftlich die oben vorgeschlagene Abgrenzung des Flämings vom Niederlausitzer Plateau rechtfertigen. Die dem Fläming eigentümlichen Trockenthäler, Rummel genannt, welche sich nur nach starken Regenfällen oder bei der Schneeschmelze mit Wasser füllen, sind nach Ansicht von Schöne altalluviale Formationen, keineswegs aber diluviale Schmelzwasserrinnen. Der Fläming ist im ganzen keineswegs so sandig und öde, als man meist glaubt, sondern besonders im westlichen Teile vielfach ertragreich und gut angebaut, während allerdings im östlichen Teile die Kiefernheiden überwiegen. »Es charakterisiert sich, sagt zum Schlusse der Verf., die Landschaft des Flämings als Kulturlandschaft, entstanden aus dem Zusammenwirken von Natur und Mensch. Die geologische Vorgeschichte des Plateaus erklärt, dass ihm kühne und energische Züge, wie sie eben nur ein anstehendes Gestein erzeugen kann, fehlen, und dass alle Bodenformen[1]) Ruhe und Stetigkeit atmen; der Mensch hat in diese natürliche Landschaft seine geistige Eigenart hineingebildet und zu den Eindrücken des orographischen Baues zwei kulturelle hinzugefügt, die sich ebenso in den wohlgepflegten Feld- und Waldflächen, wie in den kleinen, aber schmucken und den Charakter der Wohlhabenheit tragenden Dörfchen samt deren Bewohnerschaft erkennen lassen: Behäbigkeit und Behaglichkeit!«

Die Kurische Nehrung. Eine lichtvolle Zusammenstellung aller zur Zeit bekannten allgemein-geographischen Daten über diesen schmalen Landstreifen, der die Abgrenzung des Kurischen Haffes gegen die Ostsee bildet, giebt Dr. A. Zweck[2]).

Dieser Landstreifen ist 1—1.5 *km* breit, an der schmalsten Stelle indessen nur 0.5 *km* (nördlich von Sarkau), an der breitesten

[1]) Die Rummeln und die tief eingeschnittenen Flussthäler, die wohl lokal den Charakter zu ändern vermögen, bilden beim Blicke auf das Ganze eine verschwindende Erscheinung.

[2]) Litauen von Dr. A. Zweck, Stuttgart 1899.

3.5 *km* (bei Rossitten). In sanft geschwungener Linie zieht sie sich an der Süderspitze (45° 43′ 30″ nördl. Br.) bei Memel 96.975 *km* weit nach Süden und Südwesten, bis sie etwa 2 *km* vor dem Badeorte Cranz unter 54° 58′ 30″ nördl. Br. ihr Ende erreicht. — Der Flächeninhalt dürfte gegen 140 *qkm* betragen.

»Mit Nergia (neria, nerga u. dergl.), woraus sich das Wort »Nehrung« gebildet hat, wurde zunächst der Landstreifen zwischen dem Frischen Haffe und der Ostsee bezeichnet, der bereits in einer Urkunde vom 12. März 1258 als Insel »Nergia« vorkommt. Bei der Übertragung auf den nördlichen, ähnlich gebildeten Landstreifen fügte man behufs Unterscheidung das Epitheton »curoniensis« hinzu, da das Haff wegen seiner Lage nach Kurland hin das »Kurische« genannt wurde. Schon in dem alten »Chronicon terrae Prussiae« von Peter von Dusburg († c. 1330) kommt die Kurische Nehrung zweimal unter der Bezeichnung »Neria curionensis« vor. — Von den lettischen Bewohnern wird sie kâpas, von den Litauern an der Ostküste des Haffes kópos genannt.

Es ist eine eigenartige Welt, die sich auf dem »sonderbaren schmalen Damme« darbietet. Als ein Bild vollkommenster Wüste dehnen sich die weissen Sandflächen aus, soweit das Auge reicht. Hier sieht man die Kämme der höchsten Dünen, die bis 62 *m* aufragen, ihrer Formation nach ungeheuern Schneewällen vergleichbar, drohend gegen eine Kulturoase gerichtet; dort senkt sich die schroff abfallende Wand einer »Sturzdüne« in das Haff, unter dem Wasserspiegel ein so festes Gebilde zeigend, dass die Schiffe bis nahe an das Ufer heranzufahren vermögen. Abgerundete Hügel und mächtige Berge, niedrige Ketten und ungeheuere Wälle liegen scheinbar ruhig und friedlich da; aber der Wind treibt auch hier sein rastloses Spiel mit dem losen Sande und lässt trotz der Feuchtigkeit der Luft keinen Pflanzenwuchs den öden Flächen entspriessen.«

Der Sand, welcher das Material zur Dünenbildung liefert und das Resultat der Zertrümmerung des anstehenden Gesteines durch die Wogen darstellt, besteht zum grössten Teile (90—95 %) aus Quarz. Beigemischt sind die (fleischfarbenen) Feldspatkörner, die gewöhnlich als Hypersthen angesprochenen schwarzen Körner und (grüne) Glaukonitkörnchen. Was die Grösse der Körner betrifft, so sind die Sande der Nehrung meistenteils mit der gröbern Sorte des sogenannten Maurersandes zu vergleichen.

Bei der Wanderung nach Osten haben die Dünenberge vielfach ihren Fuss unmittelbar in das Haff gesetzt. Dabei ist dann der bläuliche, muschelreiche Haffmergel an manchen Stellen durch den ungeheuern Druck 3—5 *m* über den Wasserspiegel emporgepresst, so dass er sich wie ein kleiner Gegenwall der Sturzdüne gegenüber aufrichtet. — Diesem Mergelboden entspriesst eine üppige Vegetation, und sie bietet einen kleinen Ersatz für die am Haffufer verschütteten Fluren.

Einzelne Teile der Dünenkette lösen sich hier und da bei der Wanderung von dem Sandwalle los und wandern ins Haff. Sie werden verweht und bilden ein flaches Vorland, die sogenannten Haken (lit. rágas, lett. rags: Horn), die teils nackt, teils dürftig bewachsen sind und einen beliebten Aufenthaltsort für die vielen Scharen der Haffmöven bilden. — Im Norden, wo das Stromwasser nahe an die Nehrung herantritt, finden sich diese Haken selten und zeigen eine nur unvollkommene Bildung, weil hier die Sandmassen teils durch die Strömung, teils durch Baggerung der Fahrrinne weggeschafft werden.

Als eigenartige Gebilde der Nehrung sind ferner die halbkreisförmigen Ausbuchtungen einzelner Berge nach der Haffseite hin zu erwähnen. Sie verdanken ihre Entstehung dem Umstande, dass die Seiten eines frei dastehenden Berges vom Winde leichter angegriffen und rascher vorgeschoben werden als die Hauptmasse. Diese vorgeschobenen Teile eilen dem Berge voraus, ohne sich von ihm loszulösen, und bilden vorgestreckte Flügel, die mit ihren nach innen steil abfallenden Sandwänden einen halbkreisförmigen Raum einschliessen.

Da die Wanderdüne im Durchschnitte alljährlich 5—6 *m* nach Osten vorrückt, muss an der Seeseite der verschüttete Boden im Laufe der Zeit naturgemäss wieder frei werden, wenn der Wind nicht genügende Sandmassen nachtreibt. Die verschütteten Dörfer und Wälder feiern ihre Auferstehung! Man erwarte aber nicht, grossartige Dorfruinen zu finden, die das Bild schreckhafter Zerstörung an sich tragen. Bei dem langsamen Vorschreiten der Düne ist es den Bewohnern stets möglich, in voller Ruhe ihre Häuser abzubrechen und das brauchbare Material wegzuschaffen. Es kommen also nur Ziegelreste, Tennen, hier und da niedrige Grundmauern, Scherben u. dergl. wieder zum Vorscheine. — Ebensowenig vermögen die freigelegten Wälder einen bedeutenden Eindruck zu machen, weil die von dem Dünenstande gefällten, übereinandergestürzten und in den Sandmassen begrabenen Stämme sich auch in verdorrter Gestalt nur teilweise wieder den Blicken der Menschen zeigen. Sobald ein kleiner Teil aus dem Sande hervorragt, wird er zerbrochen und zerrieben. Nur festere Stämme halten stand und ragen zuweilen 1—5 *m* über dem Dünensande empor.

Ein deutliches Beispiel für das Fortschreiten der Dünen bietet das Dorf Kunzen, das noch am Anfange des verflossenen Jahrhunderts am Ostfusse der Wanderdüne stand. In den dreissiger Jahren türmte sich diese bereits in der ganzen Höhe darüber auf, und gegenwärtig ist sie so weit nach Osten vorgerückt, dass die verwehten Reste der abgetragenen Häuser von neuem blossgelegt und auf der westlichen Seite der Wanderdüne zu suchen sind.

In den letzten Jahrzehnten ist der Mensch an verschiedenen Stellen darangegangen, die gewaltigen Sandriesen zu bannen, um wenigstens die letzten Kulturoasen zu retten; auch um zu verhindern,

dass die Wanderdüne ihren Fuss in die Fahrrinne setzte, die sich von Memel bis Schwarzort am Rande der Nehrung hinzieht. So beginnt auf den Sandbergen, die über dem zweiten Walde lagern, an vielen Stellen sich ein dritter Wald zu erheben. Naturgemäss müsste er ebenso wie die frühern den herangewehten Sandmassen erliegen oder würde vielmehr gar nicht aufkommen können, wenn der Mensch nicht künstlich ähnliche Zustände geschaffen hätte, wie sie bei der Bildung der frühern Waldungen bestanden haben. Dies ist durch die Anhägerung der sogenannten »Vordüne« geschehen. — In einiger Entfernung von der Seeschälung wurde der Flugsand durch niedrige Strauchzäune festgehalten und häufte sich zu einem langen Walle auf. Dieser erhielt eine genügende Bepflanzung mit Sandgräsern (Arundo arenaria und Elymus arenarius), um die weiter nachwehenden Flugsandmassen festhalten zu können. — Die Gräser werden durch den Sand, der sie überweht, nicht erstickt; sie verkommen vielmehr allmählich, wenn die Sandverwehungen aufhören. Da sie immer von neuem kräftig aus dem Sande hervorspriessen, so erhöht sich die Düne, sobald sie in der nötigen Breite bepflanzt ist, von selbst; es bildet sich ein mächtiger Wall, der vielfach, wie zwischen Memel und Schwarzort, einer künstlichen Aufschüttung durch Menschenhand in der äussern Form nicht unähnlich ist.

Im Jahre 1829 reichte die Vordüne von Cranz bis etwa 7 *km* hinter Sarkau, 1864 hatte sie eine Länge von 29 110 *m*, in den Jahren 1872—1875 allein wurden weitere 15 763 *m* von der Vordüne angehägert, und gegenwärtig verläuft sie 5—9 *m* hoch in ununterbrochener Linie von der Süderspitze bis Cranz. Leider müssen wir auch hier wahrnehmen, dass »die Elemente hassen das Gebild' der Menschenhand«. — Immer von neuem wird der Schutzwall durch Windrisse und Abspülungen gefährdet und bedarf alljährlich der Ausbesserung. Er bildet, wie Passarge sich ausdrückt, die »immer blutende Wunde, die zeitweise benarbt, aber nicht heilt«. So lange indessen der Mensch diesem Schutzwalle die nötige Pflege angedeihen lässt, erfüllt er seine Aufgabe. — Zwar bietet die Vordüne nicht vollständigen Schutz; der Sand, den ein starker Westwind auf dem Kamme der Vordüne zwischen Schwarzort und Memel uns in das Gesicht peitscht, zeigt deutlich, dass er hier noch weit mehr als mannshoch über die Düne hinweggejagt wird; aber die Hauptmassen werden festgehalten, und durch den hinübergewehten Flugsand können sich die Sandwälle hinter der Vordüne nicht wesentlich erhöhen, während diese selbst durch die Seewinde allmählich weiter nach Osten getrieben werden. So hat sich hinter der Vordüne, wo die Sandmassen nach Osten weggeweht sind, ohne dass neuer Flugsand vom Strande hingetrieben wurde, ein breiter Streifen Landes gebildet, auf dem der Sand zum Teil bis auf den feuchten Untergrund weggefegt ist, zum Teil in bald höhern, bald niedrigern Hügeln, den sogenannten »Kupsten« (lit. kûpstas, kur.: kanguri) lagert. Es ist dies das sogenannte »Kupstenterrain« oder die »Zwischendüne«, die

entweder benarbt eine sogenannte Palwe bildet oder mit Bäumen bepflanzte Waldungen trägt, zum Teil auch noch nackt daliegt.

Nach Anhägerung der Vordüne ist die Möglichkeit gegeben, auch die Wanderdüne mit Erfolg zu bepflanzen und sie dadurch am Weiterschreiten zu hindern. Diese Anpflanzung ist am ausgedehntesten auf dem nördlichen Teile der Nehrung, wo die weiter schreitenden Sandberge nicht nur die Fahrrinne im Haffe, sondern auch den Memeler Hafen zu vernichten drohten.

Auf der Zwischendüne begleitet den Westfuss der Wanderdüne eine Kette von Triebsandstellen, an manchen Stellen von äusserst gefährlicher Beschaffenheit. — Dieser Triebsand entsteht dadurch, dass das am westlichen Abhange herabsickernde Wasser sich auf den festern Schichten, die eben erst von dem gewaltigen Drucke der Wanderdüne befreit sind, ansammelt und nach der Oberfläche steigt, den Sand durch langsames Abfliessen halb in der Schwebe haltend. Von Westen her überweht, bedecken sich diese Stellen mit einer mehr oder weniger dicken Kruste, die an der Oberfläche mit dunkeln oder lauchgrünen Flecken und Streifen gefärbt ist und keine Spur von Pflanzenwuchs zeigt. Bei trockenem Wetter erreicht diese Kruste eine Stärke von 18—21 *cm*, so dass ein Mensch ohne Gefahr sie zu betreten vermag; durchbricht man aber die Decke, so geraten bei grösserer Tiefe des Triebsandes Menschen und Tiere in Lebensgefahr.«

Die Halbinsel Kola schilderte Fr. Immanuel[1]). Sie gehört nach Geologie, Klima, Bevölkerung noch zu Skandinavien, denn sie bildet den östlichen Ausläufer der nordskandinavischen Gebirge und stellt den Übergang von diesen zur Zone des Tundragebietes, des durch Ebenen an der Petschora gekennzeichneten russischen Nordostens dar. Die Halbinsel, auch das russische Lappland genannt, deckt sich mit dem Kreise Kola und umfasst bei einer Länge von 565 *km* (NW nach SO) und einer mittlern Breite von 250 *km* einen Flächenraum von rund 150000 *qkm*, dem Areal von England mit Wales etwa entsprechend.

Die Halbinsel ist eine breitgewölbte Hochfläche aus Granit und Gneis mit wenigen schwach hervortretenden Ketten. Dagegen fallen die Ränder steil und zerklüftet zur See hin ab, an der Nordküste vielfach fjordartig gestaltet, der Uferbildung Norwegens vergleichbar. Der ganze Westen, d. h. das Hochland westlich des Einschnittes des Imandra-Sees, zeigt Ähnlichkeit mit Nordfinnland: eine schwach bewaldete, von Sümpfen bedeckte Hochebene mit niedrigen, scharf geschnittenen Granitketten, dazwischen weitgedehnte, inselreiche Seen, verbunden durch tief eingeschnittene, über Felsengeröll stürzende Flüsse und Bäche. Zwischen dem Golfe von Kandalakscha im S und der Bucht von Kola im N zieht sich eine deutlich ausgeprägte

[1]) Petermann's Mitt. 1899. p. 134.

Senke, welche zugleich die einzig gangbare, 235 *km* lange Landverbindung zwischen dem Weissen Meere und der Murman-Küste herstellt. Inmitten dieser Senke liegt der 107 *km* lange (von SW nach NO), 5 bis 30 *km* breite (von W nach O) Imandra-See auf der Höhe von nur 60 *m* über dem Eismeere. Nach S hin hat der Imandra-See durch das Flüsschen Niwa Abfluss nach dem Golfe von Kandalakscha, während ihm von N her durch den 5 *km* langen Bach Kurenga die Wasser des 13 *km* langen Sees Perejawer (»jawer« loparisch = See) zuströmen. Nordwärts des Perejawer erhebt sich eine niedrige, kaum merkliche Wasserscheide, an deren nördlichem Rande, nur 1100 *m* von der Nordspitze des Perejawer entfernt, der See Kola sich hinzieht; diesem See entfliesst das dem Eismeere zugehörige Flüsschen Kola. Eine Wasserverbindung Kandalakscha—Kola, welche früher oft vorausgesetzt wurde, besteht somit in Wirklichkeit nicht. Westlich und östlich des Imandra steigen Berggruppen von verhältnismässig beträchtlicher Höhe empor: im O das Granitmassiv der Chibinskischen Kette (loparisch; Umbdek), in den untern Teilen von prachtvollen Kiefernbeständen, auf dem flachgewölbten, 760 *m* hohen Rücken dagegen von ewigem Schnee bedeckt. Das Land im O des Imandra, die Halbinsel Kola in engerem Sinne, bildet eine wellige Hochebene in einer mittlern Lage von 100 bis 150 *m* Höhe mit flachen Mulden, in welche seichte Seen, Sümpfe, Torfmoore, gegen N hin Tundren auf felsigem Untergrunde eingebettet sind. In der wärmern Jahreszeit, sobald die obern Erdschichten in einer Tiefe von 0.7 bis 1.5 *m* auftauen, bedeckt sich der Boden mit einer feuchten, elastischen Moosschicht. Der Wasserreichtum des Landes beschränkt den Verkehr auf die niedrigen, durch Granit- und Gneisklippen bezeichneten Höhenzüge, welche sich, nur den loparischen Jägern und Hirten bekannt, als natürliche Pfade durch das Gewirre von Sumpf und Wald hindurchwinden. Zahlreiche, in sumpfigen Niederungen fliessende Wasserläufe ziehen sich nach allen Seiten zu den Küsten hinab, zum Teil in ihrem Quellgebiete durch See und Morast miteinander verzweigt, da die Wasserscheide nicht überall scharf gezeichnet ist. Die grössern Flüsse sind: die Umba und Warsuga zur Süd-, der Ponoj zur Ost-, die Woronja zur Nordküste; der bedeutendste dieser Flüsse, der Ponoj, hat eine Länge von 225 *km*.

Das Klima ist im Innern und im S der Halbinsel verhältnismässig weit rauher als am Nordufer, namentlich als an der Murman-Küste, deren eigenartiges Klima Verf. später bespricht. Die Vegetation im S und SW, besonders um den Imandra-See und an seinen Zuflüssen, zeigt gut entwickelte Fichten- und Kiefernwälder, in welche sich noch mehr nach S hin hochstämmige Edeltannen, selbst lichte Laubwaldungen (Birken, Espen, Eschen, Erlen) mischen. Das Thal der Niwa und die Buchten des Imandra tragen schöne Wälder: die stillen Seespiegel, die über Felsklippen stürzenden Waldbäche, die von Flechten überzogenen Baumriesen, der frische Moosteppich

verleihen im Sommer dieser menschenleeren nordischen Landschaft einen eigenen Reiz und gestatten den Vergleich mit dem gerühmten finnischen Granitplateau. Im Innern der Halbinsel, auf felsigem, in geringer Tiefe dauernd gefrorenem Boden, unter dem Hauche der rauhen kontinentalen Winde, sinkt die Vegetation zu einem spärlichen, krüppelhaften Baumwuchs herab. Der Zwergkiefer reiht sich nach N hin die kriechende Zwergbirke (Betula nana) an, bis auch diese an der Felsenküste des Nordufers auf die geschützten Stellen der Buchten eingeschränkt wird. Hier kommen zwischen dem Moose der Tundren, wo sich auf dem Felsen eine leichte Erddecke bilden konnte, nur noch einige harte Beerenarten (Heidelbeere, Sumpfbrombeere, Rauschbeere) kärglich fort.

Interessanter als das Innere der Halbinsel Kola sind deren Küsten. Die Südküste — das Kandalakscha-Ufer von dem Dorfe Kandalakscha bis zum Flüsschen Warsuga — ist ebenso kalt und geradeso nur von einer armen Fischerbevölkerung bewohnt, wie die Ostküste — das tjerskische Ufer von der Warsuga bis zum Swjatoj Noss, höchstens dass sich bei zunehmender Kolonisation von hier aus die Robbenjagd mit günstigen Aussichten betreiben lässt.

Die Murman-Küste — 375 *km* lang vom Swjatoj Noss bis zum Flusse Worema an der norwegischen Grenze — zerfällt in zwei, durch die Bucht von Kola getrennte Abschnitte: der östliche ist der grössere, aber durch Küstengliederung und Klima weniger begünstigt als der westliche, auf welchen sich alle, die wirklichen wie die erhofften Vorzüge der Murman-Küste vereinigen. Das Ufer, insel- und klippenreich, wild zerrissen und durchfurcht von den fjordartigen Einschnitten der Flussmündungen, durch weit ins Meer hinaus vorspringende Halbinseln vielgestaltig gegliedert, stellt im allgemeinen eine hohe, steil abstürzende Granitmauer dar. Oft bleibt zwischen dem Fusse der Uferfelsen und dem Meere nicht der geringste Raum zu Niederlassungen; anderwärts lassen sich, namentlich an den Buchten der Flussmündungen, Stellen mit sandigem, lehmigem, aber meist von Torflagern durchsetztem Boden finden, in welche Ansiedelungen sich einschmiegen können. Der felsige Uferrand erreicht im O der Bucht von Kola eine durchschnittliche Höhe von 160 *m*, während im W die Küste ihren wilden Charakter verliert und allmählich, bei einer mittlern Erhebung von 100 *m*, zu der mehr plateauartigen Bildung der norwegischen Küste am Varanger-Fjord übergeht. Bemerkenswert sind von dem östlichen Teile der Murman-Küste die beiden jäh aus dem Meere sich auftürmenden Felseneilande Klein-Olenij- (d. i. Rentier-) Insel und Kildin; letztere steigt fast bis zu 200 *m* empor und enthält auf der Hochfläche des Innern salzhaltige Seebecken (Reliktenseen), welche mit dem Ozeane in Verbindung zu stehen scheinen. An dem westlichen Küstenabschnitte springt die von 120 bis 135 *m* hohen, schwarzen Schieferfelsen durchsetzte Rybatschij- (d. i. Fischer-) Halbinsel, durch die beiden ganz schmalen Landengen nochmals in zwei Teile zerlegt, etwa 35 *km* weit in das

Meer hinaus vor. Sie besitzt in ihren tiefeingeschnittenen Buchten treffliche Anker- und Fischereiplätze, während die Lage der Halbinseln weit vor der langgestreckten Küste wesentlich dazu beiträgt, den Anprall der Meeresströmung zu brechen und hierdurch günstige Schiffahrtsverhältnisse für das Murman-Ufer selbst zu schaffen. Dieser Schutz kommt vornehmlich der Bucht von Kola und dem an der Einfahrt in dieselbe gelegenen Katharinenhafen zu gute. Der östlichste Teil der Murman-Küste ist den Stürmen schutzlos preisgegeben und gilt zur Zeit der Herbstnebel und polarischen Nacht, da das klippenreiche Ufer nur ungenügend beleuchtet ist, für sehr gefährlich.

Das Murman-Ufer erfreut sich im Durchschnitte genommen, eines Seeklimas, welches weit milder ist als das kontinentale Klima von St. Petersburg und Moskau; dieses zeigt wochenlange Wintertemperaturen von — 10 bis 15° C., während der Hafen von St. Petersburg während einiger Monate vom Eis fest geschlossen gehalten wird. Schon auf kurze Strecken landeinwärts von der Murman-Küste, ja bereits an der tief eingeschnittenen Mündung des Kola-Flusses bei der gleichnamigen Stadt, tritt die wärmende Wirkung des Golfstromes zurück, denn dieser Hafen trägt eine monatelange Eissperre, während der Katharinenhafen, nur 50 *km* weiter nördlich, aber nahe dem offenen Meere gelegen, eisfrei bleibt. Treibeis aus polarischen Meeren, welches die Küsten Ostasiens und Kanadas bis weit nach S hin so sehr belästigt, erscheint überhaupt nicht an der Murman-Küste, sondern erreicht die nordrussische Küste erst an der Nordspitze der Halbinsel Kanin, da der wärmende Einfluss und die Richtung des Golfstromes verhindert, dass das schwimmende Polareis näher als etwa bis auf 200 Seemeilen an die Küste westwärts von Kanin-Noss herankommt. Dagegen gelangt aus dem Innern der Flussmündungen, auch aus der Kola, durch den Süd- und Südoststurm Ufereis in die Murman-Buchten, jedoch nur in so geringem Masse, dass die Schiffahrt nicht behindert wird, und sogar in besonders kalten Wintern eine Offenhaltung der Häfen durch leichte Eisbrecher möglich ist, eine Erscheinung, welche an der norwegischen Küste vor dem Varanger-Fjord alljährlich hervortritt.

Der nördliche Teil von Labrador vom Richmond-Golf zur Ungava-Bai ist von A. P. Low bereist worden. Längs des östlichen Ufers der Hudson-Bai vordringend, erforschte er zunächst den Richmond-Golf, der von der Hudson-Bai durch einen hohen und schmalen Bergrücken getrennt ist, welcher aus kambrischem Gestein besteht, von Trapp überlagert ist und Klippen bildet, die sich 150 bis 365 *m* über dem Wasserspiegel erheben. Zwischen dem Golf und dem Clearwater-See findet sich eine Hochfläche, die durchschnittlich 228 *m* hoch ist und aus abgerundeten Granitkuppen mit zahlreichen dazwischen liegenden Seen besteht. Nördlich vom Clearwater-See liegt der Seal-See, der seinen Namen von den Seehunden

erhalten hat, die darin leben. Low glaubt, dass die Anwesenheit dieser Tiere in dem See, gegen 150 *km* vom Salzwasser und in einer Höhe von etwa 240 *m*, kaum auf Wanderung zurückgeführt werden könne, o wohl es bekannt ist, dass die betreffende Seehundsart (harbour seal) beträchtliche Entfernungen über Land zurücklegt. Low ist vielmehr der Ansicht, dass der Seehund den See während der Senkung des Landes gegen Ende der Gletscher-Periode erreicht haben müsse. Jedenfalls pflanzt er sich fort und gedeiht gut unter den veränderten Verhältnissen. Low erstreckte seine Untersuchungen bis Fort Chimo, dem nördlichsten Posten der Hudson-Bay-Company in Labrador. Das Gestein, welches er auf dem Weg antraf, besteht hauptsächlich aus gefaltetem Granit (Laurentian). Auch andere Eruptivgesteine, wie auch quarziger Dolomit und Schieferthone (kambrisch) wurden gefunden. Das Vorkommen von Schrammen und andern Gletscher-Erscheinungen liefert den Beweis, dass die ganze Gegend zur Eiszeit vergletschert gewesen sein muss, und dass die Gletscher sich nach aussen von einem Gipfel (névé) in der Nähe der gegenwärtigen Wasserscheide herabbewegten. Auch alte Strandlinien wurden beobachtet[1]).

Veränderungen an der niederländischen Küste 1897 [2]). Durch Vergleich von April 1896 mit April 1897 ergiebt sich, dass längs des ganzen Strandes von Delfland der Dünenfuss im Mittel 5 *m* seewärts verschoben wurde. Die Hochwasserlinie verschob sich im Mittel $\pm$ 1 *m* seewärts, während die Niederwasserlinie sich im Mittel ca. 3 *m* landwärts verschob[3]). Der Rückgang im Jahre 1896 wurde in diesem Jahre grösstenteils wieder gewonnen, aber die Sturmflut vom 29. November 1897 beseitigte den Verlauf der Aussendüne von Terheide (Strandpfahl 112) bis Scheveningen (Strandpfahl 101 bis 99) zum grossen Teile, so dass an vielen Stellen ein Steilabfall entstand, der bis zur Krone reichte.

Die Dünen von Rijnland hatten im Jahre 1897 in der Provinz Südholland seit der letzten Messung eine Zunahme des Dünenfusses von ungefähr 6 *m* erfahren, also ein Zuwachs. Da Hoch- und Niederwasserlinie unverändert blieben, kann man annehmen, dass die Zunahme hauptsächlich besteht in einer Anhäufung längs des Dünenfusses, ohne dass der Strand hierdurch Veränderungen erfuhr.

Dass die Dünen in Nordholland besondere Sorgfalt in Anspruch nehmen, ist nicht allein aus den Massregeln zu entnehmen, zu welchen die Provinz in Gemeinschaft mit dem Reiche sich 1898 entschlossen hat, um die Dünen bei Callantsoog künstlich zu verstärken, sondern auch aus den Strandmessungen. Hieraus sehen wir, dass

---

[1]) Nature, 26. Januar 1899, p. 301; Globus 75. p. 435.

[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 40, aus Tijdschr. K. Ned. Aardrijksk. Genootschap, Amsterdam 1898. 15. No. 5. p. 760.

[3]) Da die Niederwasserlinie sich im Mittel 3 *m* landwärts verschob, so ist der Zustand ein nur anscheinend günstiger. Früher oder später folgt eine landwärtige Verschiebung von Hochwasserlinie und Dünenfuss.

im September 1843 bis September 1897 an den Dünen längs der Nordseeküste von Nordholland folgende Veränderungen vor sich gegangen sind.

	Dünenfuss im Mittel		Hochwasserlinie im Mittel	Niederwasserlinie im Mittel
	Länge in Metern	Verlust — Gewinn + in Metern	Verlust — Gewinn + in Metern	Verlust — Gewinn + in Metern
Von Kijkduin[1]) bis de Kaap[2]) . .	8000	—23.665	—14.22	+ 4.11
» de Kaap bis Callantsoog[3]) .	5000	—88.20	—78.80	— 67.2
Weiter bis Petten[4])	7950	—52.00	—37.50	— 17.375
Von Kamperduin[5]) bis Bergerslag[6])	7290	—62.375	—61.875	— 25.875
Weiter bis Egmond a. Z.[7]) . . .	4660	—18.40	+14.20	+ 8.00
» » Wijk a. Z.[8])	14000	— 9.145	+ 2.715	+ 25.57
» » Breesaperweg[9]) . . .	3450	+73.33	+24.366	+273.00
» » Zandvoort[10])	10550	+21.09	+43.18	+ 75.27
» » Pfahl No. 67[11]) . . .	5000	+19.20	+33.60	+ 76.60
Mittel über die ganze Länge der Dünen, an welchen Messungen vorgenommen wurden	65900	—18.25	+ 2.44	+ 26.16

Seit der Messung von 1843 erfährt also Nordholland im Mittel eine Abnahme des Dünenfusses, jedoch eine Verschiebung seewärts besonders der Niederwasserlinie. Es kommt uns vor, als ob die Abnahme des Dünenfusses deshalb eine Erhöhung des niedrigsten Strandes zur Folge gehabt hätte.

Im Vergleich mit der Messung des Vorjahres fand man längs der Küste von Nordholland im Mittel einen Gewinn des Dünenfusses von 1.76 *m* und eine Verschiebung der Hochwasserlinie landwärts von ungefähr 2.63 *m* und bei der Niederwasserlinie eine seewärtige Verschiebung von 5.34 *m*.

Längs der Nordseeküste von Texel fand vom Mai 1850 bis Juli 1897 eine mittlere Zunahme des Dünenfusses statt von 233 *m*; die Hochwasserlinie wurde 62 *m* und die Niederwasserlinie 86 *m* seewärts verschoben. Texel ist also ein Punkt, wo sowohl der Strand wie auch die Düne seit Beginn der Strandmessungen bedeutend zugenommen haben.

3. Boden- und Erdtemperatur.

Messungen der Bodenwärme längs der sibirischen Eisenbahn hat W. M. Sergjeew angestellt. Aus seiner in russischer Sprache erschienenen Abhandlung giebt Fr. Immanuel folgenden Aus-

[1]) Fort beim Helder. — [2]) Strandpfahl 8, eine Bake. — [3]) Strandpfahl 31. — [4]) Strandpfahl 21, Ende der Dünen, Anfang des grossen Deiches. — [5]) Pfahl 26, Ende des Deiches, Wiederanfang der Dünenkette. — [6]) Pfahl 33. Sandweg durch die Dünen nach dem Dorfe Bergen. — [7]) Pfahl 38, westlich von Alkmaar. — [8]) Pfahl 52. — [9]) Pfahl 54. — [10]) Pfahl 66, westlich von Haarlem. — [11]) Nordgrenze des Hoogheemraadschap. A. Lorie.

zug[1]). Östlich des Baikal-Sees, längs des Amur bis zum Ussuri hin ist die Möglichkeit der Wasserversorgung von entscheidender Bedeutung beim Baue des östlichen Zweiges der sibirischen Bahn, weil an sehr vielen Stellen, namentlich in den gebirgigen Teilen Transbaikaliens, das Erdreich in einer gewissen Tiefe dauernd gefroren bleibt und deshalb nur in bedingtem Umfange Wasser zu liefern vermag. Um über diese noch wenig geklärte Frage genauere Aufschlüsse zu gewinnen, hat Verf. 1893—1894 eingehende, auf scharfsinnige Beobachtungen gestützte Untersuchungen an zahlreichen Orten, zu verschiedenen Jahreszeiten und unter dem Einflusse einer wechselnden Lufttemperatur vorgenommen. Die Ergebnisse sind teils durch Schürfungen, teils dadurch ermittelt worden, dass Flaschen, mit Wasser gefüllt und verschlossen, in verschiedenen Tiefen vergraben wurden, um aus dem Zerspringen des Glases durch die eintretende Eisbildung die Wirkung des Bodenfrostes zu erkennen. Zu Tschita ergab sich am 1. Juli, dass die oberste Bodenschicht bis auf eine Tiefe von 2.45 *m* (von der Erdoberfläche ab gerechnet) aufgetaut war, und dass sich hieran eine ständige Frostschicht bis zu einer Tiefe von 6.30 *m* unter der Erdoberfläche anschloss. Der Vergleich aller Versuche im Laufe eines ganzen Beobachtungsjahres lieferte für das Gesamtgebiet Transbaikaliens den Beweis, dass im Winter die oberste Erdschicht, abhängig von der absoluten Höhenlage und der geologischen Zusammensetzung des Bodens, bis zu einer Tiefe von 0.70—4.26 *m* gefriert, und dass sich hieran eine dauernde Frostschicht bis zu einer Tiefe von 3.28—9.28 *m* reiht. Das Niveau des Grundwassers steigt fast überall unter die untere Grenze des dauernd gefrorenen Bodens hinab. Die Schneedecke, welche im Winter 1893—1894 in den sehr rauhen Bergen der Chamar-Daban-Kette über 4 *m* hoch lag, wirkte so erwärmend auf den Boden ein, dass dieser hier gänzlich frostfrei war und reichliches Wasser ergab; in Werchne-Udinsk fand Verf. bei einer Lufttemperatur von — 38° R. in einem 6 *m* tiefen, nicht weiter geschützten Brunnenschachte das Wasser eisfrei.

4. Erdmagnetismus.

Die absoluten Werte der magnetischen Elemente am 1. Januar 1898 im Parc Saint-Maur, in Perpignan und Nizza hat Th. Moureaux veröffentlicht.[2]) Er giebt folgende Zahlen:

	Parc Saint-Maur		Perpignan		Nizza	
	absol. Wert am 1. Jan. 1898	Var. sec. 1897	absol. Wert am 1. Jan. 1898	Var. sec. 1897	absol. Wert am 1. Jan. 1898	Var. sec. 1897
Deklination .	14° 56.0′	— 5.5′	13° 49.1′	— 4.2′	12° 10.3′	— 5.2′
Inklination .	64° 58.9′	— 1.9′	60° 3.1′	— 2.1′	60° 14.3′	— 2.2′
Comp. horiz.	0.19660	+ 0.00034	0.22362	+ 0.00034	0.22332	+ 0.00028
Comp. vert.	0.42125	+ 0.00013	0.38812	+ 0.00003	0.39054	— 0.00010
Totale Kraft	0.46487	+ 0.00027	0.44793	+ 0.00020	0.44988	+ 0.00006

[1]) Petermann's Mitt. 1899. Litteraturbericht No. 428.
[2]) Compt. rend. 126. p. 234.

Über die jährliche Periode der erdmagnetischen Kraft machte G. Schwalbe Mitteilungen[1]). Während die tägliche Periode des Erdmagnetismus bereits der Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden ist, ist die jährliche Periode bisher nur wenig behandelt worden. In Betreff der täglichen Periode dürften die Arbeiten von Balfour-Stewart, Schuster und v. Bezold als grundlegend zu betrachten sein. Die jährliche Periode, d. h. die Veränderung, welche der Erdmagnetismus, abgesehen von den Einflüssen der Säkularvariation und der täglichen Periode im Laufe eines Jahres erleidet, ist bisher wohl nur von Lloyd eingehend behandelt worden. Zwar haben schon vorher Forscher sich mit diesem Gegenstande beschäftigt, ohne jedoch zu befriedigenden Resultaten gelangt zu sein. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass bei der geringen Grösse der jährlichen Periode es bei den meisten Stationen sehr schwierig ist, für den vorliegenden Zweck ausreichend exakte Werte der Basislinie der photographischen Kurve abzuleiten und den eigenen Gang des Instrumentes zu eliminieren. Dazu kommt, dass, will man Variationen von so geringer Grössenordnung, wie sie hier in Betracht kommen, nachweisen, der Temperaturkoeffizient des Magnetes sehr genau bekannt sein und mit einer Präzision bestimmt werden muss, wie dies nur wenigen Observatorien zu leisten möglich ist. Jedenfalls ist zur Kritik des zu verarbeitenden Materiales nötig, dass eine umfangreiche Publikation desselben vorliegt, was nur an wenigen Hauptobservatorien der Fall ist.

Schwalbe hat nun auf Grund der Beobachtungen mehrerer Stationen, in erster Reihe des Potsdamer magnetischen Observatoriums, die jährliche Periode des Erdmagnetismus berechnet und sodann analog, wie es Lloyd, Airy und v. Bezold für die tägliche Periode durchgeführt haben, graphisch zur Darstellung gebracht.

Aus seinen Untersuchungen zieht er folgende Resultate:

1. Es existiert eine ausgesprochene jährliche Periode des Erdmagnetismus, so dass die Komponenten der erdmagnetischen Kraft als Funktion der Sonnenlänge sich darstellen lassen.

2. Auf der nördlichen Halbkugel hat die Vertikalintensität, soweit sich nach den Beobachtungen von Dublin und Potsdam das Resultat verallgemeinern lässt, ein Minimum im Sommer, ein Maximum im Winter, während die westliche Deklination und Horizontalintensität das Maximum im Sommer, das Minimum im Winter aufweisen; ein geringes sekundäres Maximum hat der Januar zwischen zwei Minimis im Spätherbste und Spätwinter, von denen bald das eine, bald das andere zum Hauptminimum wird.

3. Die Beobachtungen über Horizontalintensität ergeben für die südliche Halbkugel das entgegengesetzte Verhalten, wie auf der nördlichen, d. h. ein Maximum zur Zeit des nördlichen Winters, ein Minimum zur Zeit des nördlichen Sommers.

---

[1]) Meteorologische Zeitschr. 1898. p. 449.

4. Die Schlussfolgerungen, welche man hieraus für unsere Gegenden ziehen kann, sind: 1. Die Gleichgewichtslinien müssen im Sommer die Tendenz haben, näher aneinander zu rücken, und 2. ihre Neigung, welche sie in der Richtung von NO nach SW besitzen, im Sommer noch zu vergrössern.

5. Als Ursache der jährlichen Periode darf man Ströme annehmen, welche oberhalb der Erdoberfläche, also in der Atmosphäre, ihren Sitz haben.

Magnetische Untersuchungen im Harz hat M. Eschenhagen angestellt und diskutiert[1]). Die Beobachtungen stammen aus den Jahren 1888 und 1890 und beziehen sich auf Deklination, Inklination und Horizontalintensität. Verf. findet eine auffallende Parallelität der magnetischen Anomalien und der Lotabweichungen und betont, dass magnetische Messungen von Wichtigkeit für die Ergründung der geologischen Verhältnisse tiefer Schichten der Erde sein können. Die magnetische Kammlinie (die Linie ohne störende Kräfte) läuft der Linie ohne Lotabweichung parallel, letztere aber liegt südlich von der gemäss dem Querprofile des Gebirges zu erwartenden Lage, so dass also eine entsprechende Verschiebung der unterirdischen Hauptmassen nach dieser Richtung anzunehmen ist. Wäre der Eisengehalt dieser schweren Gesteinsmassen durch alle Tiefen hindurch ein gleichmässiger, so würden die beiden Linien zusammenfallen. Sofern aber der Eisengehalt nach der Tiefe zunimmt, muss die magnetische Kammline südlicher liegen, als die Linie ohne Lotabweichung, wie es im Harz in der That der Fall ist. Hit Hilfe der magnetischen Messungen ist man im stande, die Tiefe des Anziehungszentrums zu ermitteln; so liegt es bei Rothehütte, 34 *km* tief.

Hiernach könnten, wie Eschenhagen glaubt, magnetische Messungen auch von der Geologie benutzt werden, um über die Zusammensetzung der tiefern Erdschichten Aufschluss zu geben, wie denn auch Rijkevorsel's Messungen in den gebirgsarmen Gegenden Hollands das Vorhandensein von störenden Felsmassen in den untern Schichten wahrscheinlich gemacht haben.

Der tägliche Gang der erdmagnetischen Störungen an Polarstationen ist von Dr. G. Lüdeling untersucht worden[2]). Stellt man den täglichen Gang der horizontalen Komponenten der störenden Kraft durch Vektordiagramme dar, so findet man, dass diese bei Polarstationen in dem entgegengesetzten Sinne durchlaufen werden, wie die normalen Diagramme der täglichen Variation. Die einzige Ausnahme bildet unter den sämtlichen untersuchten Polarstationen die dem magnetischen Pole und dem Nordlichtpole nächst gelegene Station Kingua Fjord.

---

[1]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde **11.** Heft 1.
[2]) Sitzungsber. d. k. Preuss. Akad. d. Wissens. Berlin 1899. **14.** p. 236.

Die Darlegungen Lüdeling's bestätigen die frühern Vermutungen von Schuster, dass auch die Störungen durch ein System von Kräften hervorgerufen werden, das innerhalb 24 Stunden einmal um die Erde rotiert. Wo der Sitz dieser Kräfte ist, und welcher Art dieselben sind, darüber kann man allerdings zunächst wohl nur Vermutungen aussprechen. Vielleicht hat man es mit einem Systeme elektrischer Ströme zu thun, das die Erdoberfläche senkrecht durchsetzt, auf der einen Seite auf- und auf der entgegengesetzten absteigt, und das um irgend einen Pol, etwa den magnetischen oder den Nordlichtpol rotiert.

Der magnetische Zustand der Erde zur Epoche 1885.0 analytisch dargestellt von Adolf Schmidt[1]). Die allgemeinen theoretischen Entwickelungen, auf denen diese Untersuchungen beruhen, sind vom Verf. früher[2]) angegeben worden. Eine Mitteilung der wichtigsten Resultate, welche die Anwendung dieser Entwickelung auf den Zustand des Erdmagnetismus im Jahre 1885 geliefert hat, ist gleichfalls bereits[3]) veröffentlicht worden. Gegenwärtig gilt es, einerseits die Grundlagen wie die Ergebnisse dieser Untersuchung in grösserer Ausführlichkeit, anderseits die Rechnungen selbst in den Hauptzügen festzustellen. Es geschieht dies in der Absicht, für künftige Untersuchungen ähnlicher Art eine zuverlässige und bequeme Grundlage zu schaffen, nicht aber, weil etwa den Resultaten selbst eine abschliessende Bedeutung zukäme oder zugeschrieben werden sollte. Diese bedürfen vielmehr unzweifelhaft noch einer wesentlichen Verbesserung, und es besteht bereits seit längerer Zeit die Absicht, eine wenn möglich definitive Neuberechnung für dieselbe Epoche durchzuführen, sobald die dazu nötige Grundlage vorhanden sein wird. Die hier gegebene Darstellung beruht durchaus auf den von Prof. Neumayer abgeleiteten Werten der erdmagnetischen Kraftkomponenten in 1800 Punkten der Erdoberfläche. Die Beobachtungen, die diesen Werten zu Grunde liegen, reichen etwa bis zum Jahre 1887; zum weitaus überwiegenden Teile fallen sie in die Zeit vor der Epoche 1885.0, auf die sich die daraus abgeleiteten, im Atlas des Erdmagnetismus dargestellten Werte beziehen. Die Ermittelung dieser letztern musste daher in den meisten Fällen eine extrapolatorische sein, was ihre Sicherheit notwendigerweise beeinträchtigt. Zu diesem Übelstande, der unvermeidlich war, da der Atlas natürlich eine Darstellung für einen möglichst wenig zurückliegenden Augenblick bringen musste, tritt die Mangelhaftigkeit des Beobachtungsmaterials für weite Gebiete, wie sie Prof. Dr. Neumayer in den Erläuterungen zu seinem Atlas eingehend geschildert hat. Es ist klar, dass durch die Hinzunahme der inzwischen gesammelten neuen Beobachtungen, die hoffentlich in den nächsten Jahren noch

---

[1]) Aus dem Archiv d. deutschen Seewarte **21**. No. 2.
[2]) a. a. O. **12**. 2. 1889.
[3]) Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wissens. II. Kl. **19**. I. Abt.

eine wesentliche Vervollständigung erfahren werden, in zweifacher Beziehung ein Fortschritt erzielt werden wird. Das verwertbare Material gewinnt an Umfang, wohl auch an Gleichmässigkeit hinsichtlich seiner geographischen Verteilung, und die Benutzung von Beobachtungen symmetrisch zur Normalepoche erhöht die Sicherheit der Reduktion auf dieselbe. Lassen schon diese Erwägungen eine spätere Wiederholung der vorliegenden Berechnung wünschenswert erscheinen, so kommt noch hinzu, dass in ihr die jenseits von 60° nördl. Br. gemachten Beobachtungen ganz unberücksichtigt geblieben sind.

Eine magnetische Karte der Insel Sicilien und deren Umgebung haben M. L. Palazzo und Prof. Chistoni auf Grund ihrer speziellen Aufnahmen im Sommer 1890 entworfen[1]).

Erdmagnetische Beobachtungen in Deutsch-Ostafrika sind von H. Maurer angestellt worden[2]). Die Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom Dezember 1895 bis März 1899 und betreffen Deklination, Horizontalintensität und Inklination. Die täglichen Variationen dieser Elemente zeigen einen ähnlichen Verlauf wie in Batavia. Der Vergleich von Batavia und Dar-es-Salaam (6 bis 7° C.) mit Mauritius (20° C.) zeigt, dass die tägliche Deklinationsschwankung mit der Breite zunimmt, während diejenige der beiden andern Elemente stark abnimmt. Von den beobachteten Störungstagen treffen fünf mit solchen in Potsdam, zwei auch mit Zi-ka-wei und einer mit Toronto zusammen. Die geographische Verteilung an der Küste ist sehr regelmässig, im Usambaragebirge und am Kilimandscharo zeigen sich jedoch starke Unregelmässigkeiten. In den letzten drei bis fünf Jahren war die jährliche Abnahme der Deklination an der ganzen Küste sehr stark. Auch in Mauritius ist die Abnahme der westlichen Deklination im Steigen, in Batavia aber hat die Säkularänderung schon den entgegengesetzten Sinn. Es geht eine Zone geringster Bewegung der Isogonen durch den Indischen Ozean, von der aus die Isogonen nach beiden Seiten wegwandern, besonders rasch nach dem afrikanischen Kontinent.

Die Elemente des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885 und ihre säkularen Änderungen hat Dr. H. Fritsche mit Hilfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Koeffizienten der Gaussischen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus berechnet[3]). In der Einleitung bemerkt Verf.:

»In dem von Gauss und Weber im Jahre 1840 herausgegebenen Atlas des Erdmagnetismus findet man folgende Worte: »Also ist

[1]) Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity 1899. June. p. 87.
[2]) 71. Versamml. d. deutschen Naturforscher in München 1899. Sitz. d. meteorol. Gruppe am 19. Sept.
[3]) St. Petersburg 1899.

jetzt der Erdmagnetismus zum erstenmal (wie Planeten- und Kometenbahnen durch ihre Elemente) durch seine Elemente vollständig bestimmt worden, nämlich durch die § 40 angegebenen 24 Zahlen. Ähnliche Bestimmungen werden in der Folge wiederholt werden, wodurch die Veränderungen, welche mit der Erde in Beziehung auf ihren magnetischen Zustand im ganzen, ebenso wie im einzelnen vorgehen, erforscht und die erfahrungsmässigen Data zu einer Geschichte des Erdmagnetismus gewonnen werden; ein Ziel, was ohne Theorie durch blosse Erfahrung zu erreichen unmöglich war, weil blosse Erfahrungen zwar die Veränderungen vieler einzelner Wirkungen, nie aber die Veränderungen, welche das Ganze erleidet, kennen lehren.« Die Richtigkeit dieser Bemerkung bewährt sich, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wird, nicht bloss in der Folge, sondern in noch höherem Masse auch für die Vergangenheit, d. h. für die drei Jahrhunderte 1600—1900. Denn die erdmagnetischen Beobachtungen, welche man während dieses Zeitraumes angestellt hat, sind oft spärlich, ungenau und unvollständig (z. B. nur ein Element, die Deklination, ist beobachtet) und kann daher die Hoffnung, den ganzen magnetischen Zustand der Erde (neun Elemente: das Potential, die ideale Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche, die Kräfte X, Y, Z, die Deklination δ, die Inklination i, die Horizontalintensität T und die ganze Intensität J) für 1600—1900 kennen zu lernen, nur auf die Gauss'sche Theorie gegründet werden, während andere Methoden, zu dem genannten Ziele zu gelangen, nur Stückwerk liefern müssen.«

Dr. Fritsche teilt die von ihm bei der Berechnung benutzten Formeln mit und giebt für die oben erwähnten sechs Epochen Tafeln der Fundamentalgrössen. Der Vergleich der Gauss'schen Theorie mit den Beobachtungen von 1600—1885 führt ihn zu der Überzeugung, dass diese Theorie naturgemäss ist und von einem Beiseitesetzen derselben, wie Arthur Schuster meine, keine Rede sein könne.

Was die Säkularvariation des Erdmagnetismus anbelangt, so findet Fritsche im allgemeinen, dass sich die Natur der freien Bewegung der Magnetnadel etwas stärker mit der Länge als mit der Breite ändert, und dass die Behauptung, die in Rede stehende Bewegung geschehe überall auf der ganzen Erdoberfläche im Sinne des Uhrzeigers, irrig ist, da von 204 Bewegungen nur 63 mit dem Uhrzeiger erfolgten während des Zeitraumes 1600—1885.

Die Drehung mit dem Uhrzeiger herrscht auf einem Meridianstreifen (von Pol zu Pol) von 120 Längengraden vor, nämlich auf den Meridianen 0°, 30°, 60°, 300° und 330°; doch ist auch auf diesem Erdraume das Übergewicht kein sehr bedeutendes. Die Verschlingungen finden sich vorzugsweise in der Nähe des Südpoles, etwa von $\varphi = -50^\circ$ bis $\varphi = -80^\circ$; die unbestimmten Bewegungen (Wendungen) überhaupt mehr auf der südlichen als nördlichen Hemisphäre. Die säkularen Bewegungen der Magnetnadel im Laufe der letztverflossenen drei Jahrhunderte stehen ohne Zweifel im Zusammen-

hange mit den gleichzeitig eingetretenen Veränderungen in der Lage der beiden magnetischen Erdpole, der Maxima der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche und auch der Maxima und Minima der ganzen Intensität.

Nach den Rechnungen von Fritsche haben sich der magnetische Nordpol, der Ort des Maximums der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche in Nordamerika und der Ort des Maximums der ganzen Intensität in Nordamerika, alle drei von NW nach SO nahezu um dieselbe Strecke bewegt, und zwar während des Zeitraumes 1650 – 1836 alle drei Orte um ca. 8° in Breite von N nach S und in Länge von W nach O alle um nahe 17°; ferner folgt, dass der magnetische Südpol, der Ort des Maximums der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche in der südlichen Hemisphäre und auch der Ort des Maximums der ganzen Intensität in der Nähe des Südpoles alle drei die entgegengesetzten Bewegungen von SO nach NW ausgeführt haben, und zwar in den 186 Jahren von 1650—1836 in Breite nahe 8° von S nach N und um 27°—43° in Länge von O nach W.

Der Ort des Maximums der idealen Verteilung (F) und der gleichzeitige des Maximums der ganzen Intensität J ist in beiden Hemisphären fast genau derselbe.

Dass die Ortsveränderungen der magnetischen Erdpole und die der Maxima von F und J in engem Zusammenhange mit den säkularen Variationen der erdmagnetischen Elemente stehen, erkennt man an den Veränderungen, welche die magnetische Deklination δ von 1600—1885 erlitten hat, insbesondere an den Wanderungen der agonischen Linien, auf denen δ gleich Null ist. Es sind ihrer zwei Hauptlinien, welche von Pol zu Pol gehen, und eine dritte, kleinere ringförmige. Alle drei haben sich im Laufe der Zeit 1600—1885 von O nach W bewegt und besonders an der agonischen Hauptlinie, welche vom magnetischen Nordpole in Nordamerika aus nach O und S gehend dem Atlantischen Ozeane sich zuwendet, kann man die Wirkung der eben erwähnten Ortsveränderung der magnetischen Pole der Erde und der der beiden Maxima (der nördlichen und südlichen) der idealen Verteilung des Magnetismus auf der Erdoberfläche ersehen. So z. B. war um das Jahr 1600 die magnetische Deklination fast auf dem ganzen Greenwicher Meridian ($\lambda = 0°$) östlich (in England z. B. ca. — 8°, Epoche 1600) und wurde im Laufe der darauf folgenden Jahrhunderte allmählich westlich, indem die amerikanisch-atlantische agonische Linie nach S und W in die Lage überging, welche sie jetzt inne hat.

Dies erklärt sich leicht durch grössere Annäherung der beiden Maxima von F an den Meridian 0°, wodurch auf ihm überall eine stärkere Drehung des Nordpoles der Kompassnadel nach W hervorgerufen wurde.

Die Ursachen der säkularen Änderungen der erdmagnetischen Elemente sind noch in Dunkel gehüllt; jedoch glaubt Verf., dass

man bei Erklärungsversuchen eine Möglichkeit zu wenig berücksichtigt habe, nämlich die, dass sie grösstenteils durch Veränderungen in der Verteilung der Wärme innerhalb der Erdrinde, durch Wanderungen der Temperatur im Erdboden hervorgerufen werden. »Denn bekanntlich ändert jeder Magnet seine Kraft mit der Temperatur: er ist stärker bei niedrigen und schwächer bei höhern Wärmegraden, und kann der Erdmagnet, da er sehr gross und kompliziert ist, in dieser Hinsicht sehr empfindlich sein, d. h. es kann eine geringe Veränderung in der Verteilung der Temperatur des Erdbodens, welcher nach geologischen Untersuchungen im grossen und ganzen in allen Zonen aus denselben Massen zusammengesetzt ist, also wohl überall dieselbe Beimischung magnetischer Massen enthält, eine bedeutende Änderung in der Verteilung der magnetischen Kräfte bewirken.

Wenn diese Hypothese richtig ist, so muss man annehmen, dass sich der Ort der niedrigsten Temperatur des Erdbodens, in Nordamerika, im Laufe der letztverflossenen drei Jahrhunderte von NW nach SO und in der südlichen Hemisphäre in entgegengesetzter Richtung, von SO nach NW bewegt habe.«

Über die Änderung der magnetischen Kraft mit der Höhe hat J. Liznar die Ergebnisse weiterer Untersuchungen mitgeteilt[1]). Nach der Gauss'schen Theorie ist die Erde ein magnetisierter Körper und eine Abnahme der magnetischen Intensität mit der Höhe a priori anzunehmen. Indem nun Liznar auf Grund einer grossen Zahl Stationen diese Abnahme empirisch ableitet, findet er dieselbe fast dreimal grösser als den nach der Gauss'schen Theorie berechneten Wert. Daraus folgert er, dass die Erscheinungen sich durch Annahme einer Magnetisierung der Erde allein nicht erklären lassen, sondern dass noch andere Ursachen in der Atmosphäre dabei eine Rolle spielen.

Über die Ursachen der magnetischen Stürme verbreitete sich ausführlich Dr. Ad. Schmidt[2]). »Vergleicht man die Kurven, die den Verlauf der Werte eines erdmagnetischen Elementes an zwei benachbarten Punkten während einer Störung darstellen, so findet man bekanntlich im allgemeinen eine ausserordentlich weitgehende Übereinstimmung. Die genauere Betrachtung zeigt, dass diese Übereinstimmung hauptsächlich in der Zahl und Lage der einzelnen Wellen oder Zacken, aus denen die Kurven zusammengesetzt sind, hervortritt, während die Grösse der einander entsprechenden, extremen Abweichungen deutlichere Unterschiede aufweist. Diese gehen gelegentlich so weit, dass an Stelle eines Gipfels in der einen Kurve nur ein Bruch, eine Verlangsamung des Ansteigens in der andern stattfindet, oder aber, in weiterer Steigerung der Abweichung, dass einem

[1]) Sitzbr. d. Wiener Akademie **107.** Abt. IIa.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 385 ff.

Maximum hier dort ein Minimum entspricht. Je weiter die Stationen auseinanderliegen, desto häufiger und deutlicher werden diese Unterschiede, so dass an sehr weit getrennten Punkten meistens nur noch wenige Einzelheiten der beiden Kurven mit Sicherheit als entsprechend gedeutet werden können. Manchmal ist dabei auch die Ähnlichkeit der zu verschiedenen Elementen gehörigen Störungskurven zweier Orte grösser als diejenige der auf dasselbe Element bezüglichen. Vor allem charakteristisch aber ist der fortwährende Wechsel, der in allen diesen Beziehungen herrscht. Überraschender Ähnlichkeit folgt in wenigen Minuten eine vollkommene Verschiedenheit oder ein ausgesprochener Gegensatz; einer gewaltigen Ausbuchtung der einen Kurve entspricht in der andern eine kaum bemerkbare Zacke oder Biegung, während bald darauf dort Ruhe, hier lebhafteste Bewegung eintritt.

Diese wohlbekannten Eigentümlichkeiten der magnetischen Stürme, wie man besonders die länger anhaltenden und intensivern Störungen treffend genannt hat, weisen unverkennbar auf vorwiegend lokale Vorgänge als die nächste Ursache dieser Erscheinungen hin. — Vorgänge von wechselnder Stärke und Ausdehnung, die, bald hier, bald dort, vielleicht auch gleichzeitig an verschiedenen Orten auftretend, zwar in demselben Augenblicke auf der ganzen Erde magnetische Wirkungen ausüben, zu einem intensiven Einflusse aber meistens nur auf einem mehr oder weniger beschränkten Gebiete gelangen.

Eine weitere auffallende Eigentümlichkeit der Störungskurven deutet darauf hin, dass jene Aktionszentren im allgemeinen ihren Ort stetig und in mannigfaltiger Weise verändern. Die Gestaltung der Kurven lässt sich wohl stets durch die Aneinanderreihung und Überlagerung einfacher Bestandteile — man könnte sie Elementar- oder Einzelstörungen nennen — erklären. Als solche treten meistens ziemlich regelmässig gestaltete, einzelne Wellen, d. h. zwei aneinander schliessende, entgegengesetzte Ausbuchtungen der Kurve auf, oft auch nur Halbwellen oder einseitige Abweichungen. Es gilt dies auch von den an ruhigen Tagen nicht selten vorkommenden vereinzelten, kleinen Störungen. Vergleicht man nun die Deklinationskurve mit derjenigen der Horizontalintensität, so findet man nicht selten bei ihren entsprechenden Ausbiegungen eine Phasenverschiebung, die manchmal so weit geht, dass die Extreme der einen Kurve zeitlich mit den Stellen stärksten Anstieges und Abfalles der andern zusammentreffen. Die Verbindung zweier periodisch veränderlicher, aufeinander senkrechter Kräfte liefert nun bekanntlich im Falle eines Phasenunterschiedes eine ihre Richtung stetig ändernde Resultierende.

Die an einem bestimmten Orte auftretende horizontale störende Kraft nimmt daher nicht nur an Grösse zu und ab, sondern dreht sich in vielen Fällen auch, während sie in andern Fällen ihre Richtung ganz oder nahezu beibehält. Daraus ist zu schliessen, dass die einzelnen Aktionszentren ihren Ort im allgemeinen verändern, bald an dem Beobachtungspunkte vorüberziehend, bald auf ihn zu oder von ihm weg sich bewegend.

Als Ursache der Störungen hat man nun bisher vorwiegend elektrische Strömungen angenommen, sei es im Erdboden, sei es in der Atmosphäre, besonders in den am ehesten einer Leitung fähigen obern Luftschichten. Obgleich über die physikalischen Bedingungen, unter denen solche Ströme auftreten können, noch keine rechte Klarheit herrscht, wird man doch an dieser Hypothese trotz der von Bigelow dagegen erhobenen Einwendungen um so eher festhalten dürfen, als an der Zurückführung der täglichen Variation auf derartige Ströme kein Zweifel mehr bestehen kann. Von diesem Standpunkte aus betrachtet, können nun jene Aktionszentren nicht wohl etwas anderes sein, als Strömungserscheinungen, die sich durch ihre Intensität und individuelle Abgrenzung mit einer gewissen Deutlichkeit aus dem Stromsysteme der ganzen Erde herausheben — im einfachsten Falle also, den wir bei der Einfachheit der Elementarstörungen auch als den normalen erwarten dürfen, wandernde Stromwirbel, gleich den Zyklonen und Antizyklonen des Luftmeeres. Die Analogie dieser letztern Erscheinungen mit den magnetischen Ungewittern, die in diesem Namen wie durch eine Vorausahnung einen so glücklichen Ausdruck gefunden hat, drängt sich um so mehr auf, als sie v. Bezold bereits in Bezug auf die Vorgänge, die der täglichen Variation zu Grunde liegen, hervorgehoben und in ihrer Bedeutung zunächst für die klare Auffassung und Beschreibung der Erscheinungen gewürdigt hat.

Um nun zu einem genauern Einblicke in die Natur der so erschlossenen Elementarvorgänge zu gelangen, und um die neuen Aufgaben, die sich damit der weitern Forschung darbieten, zu behandeln, liegt es nahe, sich der synoptischen Darstellung durch Eintragung der störenden Kräfte für bestimmte einzelne Augenblicke in Karten zu bedienen, ähnlich, wie man es, besonders nach dem Vorgange von Rücker und Thorpe, bei dem Studium der Lokalstörungen jetzt allgemein thut.«

Dr. A. Schmidt teilt nun die von ihm auf dem bezeichneten Wege erhaltenen Ergebnisse mit. »Es zeigte sich, dass in den Augenblicken starker und schnell veränderlicher Abweichungen die an den benachbarten Punkten beobachteten Störungskräfte annähernd nach einem Punkte konvergieren oder von einem Punkte ausstrahlen, während sie sich in Zeiten verhältnismässiger Ruhe der parallelen Lage nähern, die auf ein entferntes Aktionszentrum hindeutet. Es zeigt sich weiter, dass die Konvergenzpunkte im allgemeinen mit einer Geschwindigkeit, deren Grössenordnung etwa durch 1 *km*-Sek. ausgedrückt werden mag, fortschreiten, dass sie manchmal freilich auch stationär sind. Die vergleichende Betrachtung der horizontalen und der vertikalen Komponente beweist endlich, dass die Strömung wenigstens der Hauptsache nach in der Atmosphäre, nicht im Erdinnern, verläuft. Natürlich muss ein äusserer, seine Intensität oder seinen Ort verändernder Stromwirbel auch innere Ströme induzieren, deren Wirksamkeit in der That in den Erscheinungen zu bemerken ist.«

An einigen typischen Beispielen zeigt Schmidt das Herannahen und Vorüberziehen eines Stromwirbels und behandelt dann theoretisch den einfachen Fall eines kreisförmigen Stromwirbels, in welchem die Strömung überall senkrecht zum Radius erfolgt, also in ihrer Intensität lediglich eine Funktion des Radius ist. »Gewisse von Wild, Wijkander u. a. erhaltene Resultate über die Lage der wichtigsten und einflussreichsten Störungsherde, und ferner die schon jetzt vorliegenden Feststellungen über die tägliche Periodizität der Störungen und ihre nach verschiedenen Richtungen verschiedene Häufigkeit lassen den Schluss zu, dass die diesen zu Grunde liegenden Stromwirbel vorzugsweise an bestimmte Stellen der grossen Stromsysteme, welche die tägliche Variation hervorrufen, gebunden sind, ähnlich wie die Teilminima der Luftdruckverteilung mit Vorliebe am Rande der grossen Depressionen auftreten. Es wird eine der ersten Aufgaben sein, über diese Beziehung, wie überhaupt über die Beschaffenheit und das Auftreten der Störungswirbel, ihre Grösse, Intensität, Geschwindigkeit, Zugrichtung u. s. w. Genaueres festzustellen. Diese Ermittelungen werden u. a. auch wesentlich zur Beantwortung der Frage beitragen können, ob ein prinzipieller Unterschied zwischen der gewöhnlichen täglichen Schwankung und den Elementarstörungen besteht, oder ob nicht vielleicht ein durch stetige Übergänge vermittelter Wesenszusammenhang zwischen ihnen stattfindet, was wenigstens hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Ausdehnung der Fall zu sein scheint. Auch die Beziehung zu den von M. Eschenhagen entdeckten kurzdauernden, kleinen Schwankungen (den Elementarwellen, wie er sie nennt), deren periodische Natur sie von den eigentlichen Störungsvorgängen streng zu scheiden scheint, wäre der Betrachtung zu unterwerfen.

Die nach der physikalischen Seite hin gerichtete Untersuchung wird vorzugsweise bestrebt sein müssen, charakteristische, individuelle Fälle zu sammeln und möglichst exakt zu bestimmen, um dadurch der theoretischen Forschung ein zuverlässiges und mannigfach variiertes Material zu liefern, zunächst zur Aufklärung über die vorausgesetzten elektrischen Strömungsvorgänge selbst, ihre Veränderung, Wanderung, gegenseitige Einwirkung, ihre Induktionswirkung auf die feste Erde wie auf die Atmosphäre, dann aber schliesslich auch zur Erörterung der Frage nach ihren Ursachen, der elektromotorischen Kraft und der etwa wirksamen Auslösung. Die Zurückführung auf bestimmt charakterisierte elektrische Strömungen (zu deren genauerer Ortsbestimmung es wünschenswert wäre, auch Beobachtungen von Hochstationen zu besitzen) muss zunächst mehr als eine formale Methode zusammenfassender Darstellung angesehen werden, die erst durch Nachweisung der Art, wie diese Ströme entstehen, volle physikalische Bedeutung erlangt. Nun giebt es ja allerdings Thatsachen, die uns jetzt schon berechtigen, derartige Ströme in den obern Schichten der Atmosphäre als möglich anzunehmen und auch ihre Abhängigkeit von dem wechselnden Zustande der Sonne, der vielleicht mit

Schwankungen der Intensität gewisser Strahlenarten verbunden ist, begreiflich zu finden; aber es scheint verfrüht, darüber schon bestimmte Hypothesen aufstellen zu wollen, deren gründliche und entscheidende Prüfung eben erst an einem reichhaltigen, exakten Beobachtungsmateriale möglich ist. Man wird es um so weniger bedenklich finden, darauf vorläufig zu verzichten, wenn man sich erinnert, wie wenig Sicheres wir noch über die Ursachen der Entstehung, Umbildung und Bewegung der atmosphärischen Zyklonen und Antizyklonen wissen, trotzdem uns dafür seit langer Zeit ein reiches Material von Thatsachen zur Verfügung steht, und trotzdem uns hier die einfachen physikalischen Grunderscheinungen, auf die wir jene Vorgänge zurückzuführen haben, schon vollständig bekannt sind.«

Der Zusammenhang zwischen den Erscheinungen des Erdmagnetismus und den elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre ist von W. Trabert beleuchtet worden[1]).

Wegen der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden. Trabert kommt zu dem Ergebnisse: »Gegen den Zusammenhang zwischen den vertikalen Erdluftströmen mit den Erscheinungen der Luftelektrizität kann somit kein Argument, das ins Gewicht fiele, beigebracht werden. Die Möglichkeit eines Zusammenhanges bleibt offen, und es ist kaum möglich, das Vorhandensein von Erdluftströmen anders plausibel zu machen. Was die Ströme längs der Parallelkreise anbelangt, so gelingt es hier nicht, zu einem in quantitativer Beziehung befriedigenden Resultate zu gelangen, wir stehen, wenn wir, was ja kaum anders möglich ist, an ihrer Realität festhalten, vor einem neuen Rätsel. Eine befriedigende Erklärung derselben durch mechanischen Elektrizitätstransport lässt sich nicht geben.«

Die Beziehung der magnetischen Schwankungen in Deklination und Horizontalintensität zu der Sonnenfleckenperiode ist von W. Ellis untersucht worden[2]). Die Grundlage dieser Arbeit bildet die Reihe der magnetischen Beobachtungen zu Greenwich 1841 bis 1896, ein überaus einheitliches Material, da während des ganzen Zeitraumes stets nach den gleichen Methoden beobachtet worden ist. Für die Epochen der Maxima und Minima ergeben sich folgende Zeiten:

Minimum:	magn.	1843.6	Sonnenflecken	1843.5
Maximum:	»	1849.0	»	1848.1
Minimum:	»	1855.1	»	1856.0
Maximum:	»	1860.4	»	1860.1
Minimum:	»	1867.5	»	1867.2
Maximum.	»	1870.8	»	1870.6
Minimum:	»	1878.8	»	1879.0
Maximum:	»	1883.9	»	1884.0
Minimum:	»	1890.7	»	1890.2
Maximum:	»	1894.7	»	1894.0

[1]) Meteorol. Zeitschr. **15.** p. 401.
[2]) Proc. Royal Soc. **63.** p. 64.

Die magnetische Epoche ist das Mittel aus den Werten für Deklination und Horizontalintensität. Die Länge der Periode bestimmt sich aus diesen Zahlen der Reihe nach zu

12.55 11.85 11.40 10.45 11.30 13.05 10.90 9.85 Jahre für den Magnetismus und zu

12.50 12.00 11.20 10.50 11.80 13.40 11.20 10.00 Jahre für die Sonnenfleckenperiode.

Die mittlere magnetische Periode ist 11.42 Jahre, die mittlere Sonnenfleckenperiode 11.57 Jahre.

Ordnet man die Perioden in Rücksicht auf ihre Intensität, so folgt nachstehende Übersicht:

Sonnenflecken	Entspr. Zahl	Deklin.	Entspr. Zahl	Horiz.-Int.	Entspr. Zahl
1870	140.5	1870	12.76	1870	308
1848	131.5	1848	12.46	1860	295
1860	97.9	1860	11.42	1848	268
1894	87.9	1894	10.42	1894	233
1884	74.6	1884	9.84	1884	221

Es ergiebt sich, dass nur in der Horizontalintensität eine Vertauschung der Jahre 1860 und 1848 stattfindet, sonst aber sich die Jahre entsprechen. Verf. sucht die Ursache dieser Vertauschung in den damaligen örtlichen Verhältnissen des Observatoriums, die eine genaue Bestimmung der Temperaturkorrektionen für die Horizontalintensität nicht ermöglichten.

Da die Unregelmässigkeiten in der Länge der Sonnenfleckenperiode vollständig gleichzeitig auftreten mit den gleichen Unregelmässigkeiten in den magnetischen Perioden, und ebenso die Intensitäten der Extreme vollständig harmonisieren mit denen der magnetischen Kurven, so erscheint es dem Verf. unerlässlich, hieraus einen unmittelbaren, wesentlichen Zusammenhang beider Erscheinungen annehmen zu müssen. Diese Ansicht wird noch unterstützt durch den Synchronismus auch in allen kleinen Zacken der Kurven [1]).

Die magnetische Inklination und ihre Veränderung zwischen dem 7. Jahrhunderte vor und dem 1. Jahrhunderte nach Beginn unserer Zeitrechnung.

Wie im Jahrbuch Bd. VIII, p. 112, mitgeteilt worden, hat G. Folgheraiter eine sinnreiche Methode gefunden, die magnetische Inklination in sehr entlegenen Zeiten näherungsweise zu bestimmen. Sie beruht darauf, dass Thon beim Brennen durch die erdmagnetische Induktion einen von der Richtung und Stärke des Erdmagnetismus abhängigen Magnetismus annimmt und dauernd behält, so dass man, wenn man die Stellung der Thonobjekte während des Brennens kennt, die induzierende magnetische Inklination zu jener Zeit ermitteln kann. Folgheraiter teilt nun weitere Untersuchungen über antike Thongefässe mit, bei denen er sich einer

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 95.

weiter ausgebildeten und vervollkommten Methode bedienen konnte [1]). Die Ergebnisse seiner Untersuchungen sind in Folgendem enthalten [2]).

Zunächst wurden aus der reichen Sammlung des Museums von Arezzo sechs ziemlich gut erhaltene Aschenurnen und 21 Matrizen untersucht, welche sämtlich nach ihrer Fabrikmarke derselben Periode, und zwar der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. entstammen. Von den Urnen wurden die Maxima und Minima des Magnetismus an der Basis und an der Mündung gemessen und daraus Werte der Inklination berechnet, die zwischen einem Minimum von 56° 44′ und einem Maximum von 64° 47′ liegen. Das Mittel aller Bestimmungen ergiebt 61° 23′. Von den 21 Matrizen waren für die magnetischen Messungen nur 13 zu verwenden; sie ergaben, wenn man zwei mit abnorm kleinen Inklinationen ausschliesst (die vielleicht beim Brennen nicht aufrecht gestanden), Werte zwischen 56° 16′ und 66° 22′, die zu einem Mittelwerte von 61° 3′ führen, in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Aschenurnen.

Die Untersuchungen Folgheraiter's ergaben, dass die Grundflächen der verschiedenen Objekte teils eine Nord-, teils eine Südpolarität besitzen. Dies rührt davon her, dass wahrscheinlich im Ofen neben einem aufrechten Gefässe ein umgekehrtes gestanden, wie dies noch jetzt beim Aufstellen der Thongefässe im Ofen üblich ist, um den Raum nach Möglichkeit auszunutzen. Hieraus könnten sich Zweifel ergeben, ob in jener Zeit die magnetische Inklination eine nördliche oder eine südliche gewesen, doch konnte Verf. diese Frage sicher entscheiden, da er Gelegenheit hatte, den untern Teil eines Ofens aus jener Zeit zu untersuchen, in dem noch Gefässe mit der gleichen Marke wie die untersuchten vorhanden waren. Ein Stückchen des Ofens ergab bei der Prüfung, dass der obere Teil Südmagnetismus und der untere Nordmagnetismus besitzt. »Die magnetische Inklination in der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. war somit eine nördliche wie gegenwärtig, und ihr Wert war nahezu gleich dem jetzigen, oder vielleicht etwas grösser, denn, wie aus der magnetischen Karte von Italien sich ergiebt, ist sie jetzt in Arezzo etwa 52° 40′ (für 1892.0).«

Aus der reichen Sammlung von Thongefässen im Museum von Neapel, die man bei den Ausgrabungen von Pompeji gefunden, wählte Folgheraiter für seine Untersuchung Objekte, deren Fabrikationszeit mit einiger Sicherheit festgestellt ist, nämlich Gebrauchsgegenstände, Gefässe zum Aufbewahren von Nahrungsmitteln, Trinkschalen, die in den Wohnungen gefunden worden, und andere Objekte, von denen man auch annehmen durfte, dass sie nicht zu lange vor der Zerstörung von Pompeji in der Gegend angefertigt waren. Aus den Messungen der magnetischen Intensität an 24 Töpfen erhielt er für die Inklination Werte, die zwischen 62° 7′ und 72° 2′ schwankten; das Mittel 66° 50′ ist beträchtlich höher als die aus den Gefässen von Arezzo erhaltene Inklination. Zu einem ähnlichen Resultate führten die Messungen an zehn Gefässen von sphäroidischer Gestalt und ähnlichen Dimensionen wie die Töpfe; das Mittel ergab eine Inklination von 66° 20′.

Aus diesen Messungen kann man also schliessen, dass in Pompeji, oder an den Orten, wo die pompejanischen Gefässe gemacht worden sind, die magnetische Inklination kurze Zeit vor der Zerstörung der Stadt etwa 66.5° betragen. Dieser Wert ist etwa 5° grösser als der für die Zeit der Anfertigung der Gefässe aus Arezzo gefundene; und wenn man annimmt, dass auch damals, so wie jetzt, die magnetische Inklination in Italien von Nord nach Süd abgenommen hat, so wird der Unterschied der magnetischen Inklination zwischen der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. und der zweiten Hälfte des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung noch

[1]) Rendiconti Reale Accademia dei Lincei 1899. Ser. 5. 8. (1). p. 69. 121. 176. 269.

[2]) Nach Naturwiss. Rundschau 1899. No. 20. p. 250 ff.

bedeutender. Die Nähe des Vesuvs und seine Explosionen konnten die magnetischen Verhältnisse der Gegend von Pompeji und aller Objekte sehr wesentlich und in unberechenbarer Weise umgestaltet haben; allein sowohl der Verlauf der Isogonen von Neapel, als auch mehrere Messungen des Magnetismus von Tuffen aus der Gegend des Vesuvs, sprechen dafür, dass eine störende Einwirkung des Vulkans nur sehr gering sein kann. Vernachlässigt man daher diesen Einfluss, so wäre die magnetische Inklination von der ersten Hälfte des ersten Jahrhunderts a. Chr. bis zum Jahre 79 unserer Zeitrechnung, also in $1^1/_2$ Jahrhunderten, um 8° gewachsen (denn die Differenz der Inklination zwischen Arezzo und Pompeji beträgt 3°). Da wir nun aus direkten Messungen wissen, dass die magnetische Inklination in Paris von 1671 bis jetzt, d. h. in $2^1/_4$ Jahrhunderten, um etwa 10° abgenommen, so folgt, dass ihre Variation vor 20 Jahrhunderten keine wesentlich andere gewesen als jetzt, und dass, während die Inklination gegenwärtig abnimmt, sie damals einem Maximum zustrebte, von dem sie vielleicht zur Zeit der Zerstörung von Pompeji nicht weit entfernt gewesen.

Folgheraiter hat ferner aus den reichen Sammlungen griechischer Gefässe, welche die Museen von Florenz, Neapel und Syracus enthalten, zunächst die attischen zur Ermittelung der magnetischen Inklination während ihrer Fabrikation untersucht. Gewöhnlich werden die attischen Gefässe in zwei Gruppen gebracht: in solche mit roten Figuren auf schwarzem Grunde und in Gefässe mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde. Erstere sollen nach den Archäologen nur ein Jahrhundert lang, und zwar vom Anfange bis zum Ende des fünften Jahrhunderts a. Chr. fabriziert worden sein; die zweiten werden für älter gehalten und dem sechsten Jahrhunderte zugeschrieben; nach der Florentiner Einteilung sollen sie aber von der Mitte des siebenten bis zum Ende des fünften Jahrhunderts gereicht haben und 250 Jahre umfassen. Folgheraiter wählte die Krüge mit niedrigem Henkel, die der Messung leicht zugänglich sind, und hat fast alle mit Ausnahme der zu grossen untersucht; ausserdem wurden noch die eiförmigen Oinochoai (Weinkrüge) mit runder Öffnung und niedrigem Henkel, sowie einige mit dreilappiger Mündung und hohem Henkel zur Ermittelung, ob die Inklination eine nördliche oder eine südliche gewesen, für die Messungen verwendet.

Von den Gefässen mit roten Figuren auf schwarzem Grunde wurden aus dem Museum in Neapel 36 geprüft, deren Durchmesser am Boden zwischen 78 und 98 *mm*, an der Mündung zwischen 140 und 153, und deren Höhe zwischen 310 und 375 *mm* variierten. Aus den Messungen ihres Magnetismus und aus den Berechnungen der magnetischen Inklination ergiebt sich, dass ein Gefäss so entschieden sich von allen andern durch die Grösse der Inklination unterscheidet, dass man sicher schliessen darf, es sei entweder nicht in senkrechter Stellung gebrannt worden, oder es gehöre einer ganz andern Periode an. Eine zweite Amphora ergiebt gleichfalls eine viel grössere Inklination, dass man dieselbe Annahme auch für dieses Gefäss machen muss. Die übrigen ergeben Inklinationen, die innerhalb der weiten Grenze von 19.5° schwanken. Diese Differenzen der Einzelwerte können nun entweder davon herrühren, dass die Gefässe während des Brennens schief gestanden, oder dass zufällige Induktionen den Einfluss des Erdmagnetismus verdeckt haben, oder dass die magnetische Inklination während der Periode der Fabrikation dieser Gefässe wirklich eine grosse Änderung durchgemacht habe. Gegen die erste Erklärung spricht die Sorgfalt, welche auf die Formgebung der Gefässe verwendet ist, sie muss sich auch auf die Behandlung im Ofen erstreckt haben, da sonst die Reinheit der Formen nicht erhalten geblieben wäre. Mit dieser Erklärung fällt aber auch die zweite, und es bleibt nur noch die dritte, dass nämlich die magnetische Inklination sich selbst bedeutend verändert habe, wobei noch weiter zu entscheiden bleibt, ob die Schwankung der Inklination im fünften Jahrhunderte eine ausnahmsweise starke gewesen, oder ob die Zeit der Fabrikation dieser Gefässe grösser gewesen, als die Archäologen annehmen.

Als Mittel ergiebt sich unter der anderweitig erwiesenen Annahme, dass sie im fünften Jahrhunderte eine nördliche gewesen, für die Inklination der Wert 9° 45′.

Von Gefässen mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde ist in Florenz eine schöne Sammlung vorhanden, eine kleinere Zahl in Syracus und Neapel. Aus dem Florentiner Museum wurden 35 Objekte, Amphoren und Oinochoai, untersucht; sie entstammen der Zeit von 650 bis 400 a. Chr. und besitzen verschiedene Grössen, die magnetischen Inklinationen zeigten gleichfalls bedeutende Differenzen. Dasselbe war der Fall bei den sechs Gefässen aus dem Neapeler Museum und bei den aus der Syracuser Sammlung untersuchten. Im ganzen konnten zur Diskussion 35 Gefässe verwertet werden, darunter waren vier, bei denen die Verteilung des Magnetismus eine derartige gewesen, dass man annehmen muss, ihre Neigung zum erdmagnetischen Felde sei ganz verschieden von der der übrigen 31 Gefässe gewesen; sie können daher nicht mit berücksichtigt werden. Die Gefässe aus Florenz sind nach dem von den Archäologen bestimmten Alter geordnet; hier zeigen nun unter den fünf ältesten (aus den Jahren 650 bis 600) drei eine mittlere Inklination von 3° und die beiden andern eine von 21°. Bei der Grösse und Regelmässigkeit der Gefässe ist diese Differenz mit den archäologischen Zeitangaben nicht vereinbar. Eine Altersbestimmung aus den magnetischen Eigenschaften zu versuchen, wäre nur möglich, wenn man sicher wüsste, dass die Inklination in Griechenland immer eine nördliche gewesen; dann würde man, da die Inklination im ersten Jahrhunderte a. Chr. etwa der jetzigen gleich war, die Gefässe mit stärkerer magnetischer Neigung für jünger erklären.

Folgheraiter glaubt aus seinen Untersuchungen folgende Schlüsse ziehen zu dürfen: »1. Aus der Verteilung des freien Magnetismus in vielen Gefässen mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde, die man teils ins siebente, teils ins sechste bis ins fünfte Jahrhundert a. Chr. verlegt, folgt, dass eine Epoche existierte, in welcher die magnetische Inklination in Griechenland sehr nahe Null gewesen. Diese Epoche kann noch nicht genau präzisiert werden, aber vielleicht kommt man der Wahrheit nahe, wenn man sie zwischen das siebente und sechste Jahrhundert verlegt. Auch aus der Verteilung des freien Magnetismus in vielen Gefässen mit roten Figuren kommt man zu dem Schlusse, dass die Inklination fast auf Null gesunken war. 2. Am Ende der Periode der Fabrikation griechischer Gefässe oder gegen 400 a. Chr. hatte die magnetische Inklination bereits den Wert von 20° erreicht, wenn man die wenigen Gefässe ausnimmt, welche eine Verteilung des Magnetismus gezeigt haben gleich derjenigen, die sie haben würden, wenn sie zu unsern Zeiten fabriziert worden wären, nur zwei Amphoren würden einen noch etwas grössern Wert geben.«

Folgheraiter behandelt dann die Frage, ob zur Zeit und an dem Orte, wo die untersuchten griechischen Gefässe gefertigt worden, die magnetische Inklination eine nördliche oder südliche gewesen. Diese Frage war bisher nicht berührt worden, weil man bei den Objekten, die an der Mündung keine Verzierungen haben und niedrige Henkel besitzen, kein Mittel hat, zu entscheiden, ob sie beim Brennen aufrecht oder umgekehrt gestanden haben. Freilich hat Verf. in den Museen auch Gefässe untersuchen können, welche wegen ihrer hohen Henkel im Ofen nur aufrecht gestanden haben können; aber diese Gefässe bieten anderseits den Nachteil, dass sie nur an der Peripherie der Grundfläche untersucht werden können, und wenn man die Messungen der untern und obern Flächen der Gefässe miteinander vergleicht, findet man stets Verschiedenheiten zwischen den Werten der magnetischen Intensität, die sich meist durch die Verschiedenheit des Durchmessers an der Grundfläche und an der Mündung verstehen lassen, indem die Intensität grösser gefunden wird, wenn der Durchmesser kleiner ist. Endlich können auch die Verhältnisse der magnetischen Intensitäten der verschiedenen Durchmesser, aus welchen die magnetische Inklination berechnet wird, an einem Gefässe verschieden sein; in einem Falle z. B

ergab sich aus den Messungen am Boden die magnetische Inklination gleich 21° 50′ und aus den Messungen der Mündung 5° 19′.

Solche Unregelmässigkeiten hat Folgheraiter, als er die Versuche zur Stütze seiner Methode im Laboratorium ausführte, selbst beim Brennen von regelmässigen Cylindern beobachtet, aber er hat auch feststellen können, dass für die Berechnung der magnetischen Inklination diese Unregelmässigkeiten verschwinden, wenn man die Mittel aus den Werten am Boden und an der Mündung nimmt. Die Ursachen dieser Verschiedenheiten beruhen nach ihm teils in der Verschiedenheit der magnetischen Suszeptibilität an den verschiedenen Stellen der Gefässe, deren magnetische Bestandteile nicht immer gleichmässig verteilt sein mögen, teils in störenden Einwirkungen des Erdmagnetismus bei den Messungen mit dem Magnetometer. Wie dem aber auch sei, wenn man die Gefässe wegen hoher Henkel und sonstiger Verzierungen nicht an der Mündung, sondern nur am Boden untersuchen kann, machen sich die Anomalien in einer Weise geltend, das numerische Werte für die Inklination aus den Messungen nicht abgeleitet werden können. Anders aber ist es, wenn man nur ermitteln will, ob die erdmagnetische Inklination eine nördliche oder südliche gewesen; diese Frage kann ganz positiv beantwortet werden.

Folgheraiter giebt nun seine Messungen an 14 Oinochoai mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde aus dem Museum in Florenz, geordnet nach den Zeiten, denen sie von den Archäologen zugeschrieben sind. Hierbei zeigt sich, dass in Gefässen aus der Zeit von 550 bis 400 a. Chr. der Magnetismus entschieden nördlich ist, dass in den Gefässen der mittlern Epoche 550 a. Chr. beide Polaritäten vorkommen, mit etwas vorherrschender nördlicher. Aus der ältern Periode 650 bis 600 waren zwei Gefässe mit Südmagnetismus und eins mit nördlichem, und das letztere muss wahrscheinlich noch dem spätern sechsten Jahrhunderte zugeschrieben werden. Hieraus würde folgen, dass um 650 a. Chr. der magnetische Äquator nördlich von Attica gelegen, dass er im Beginne des sechsten Jahrhunderts durch diese Gegend gegangen und später, etwa um 550 a. Chr., südlich davon gelegen.

Auch korinthische Gefässe, die gewöhnlich dem siebenten und sechsten Jahrhunderte a. Chr. zugeschrieben werden, konnte Folgheraiter in den Museen von Florenz, Syracus und Arezzo untersuchen, und aus den angeführten Messungsergebnissen ersieht man, dass auch die korinthischen Gefässe zu dem Schlusse führen, dass im siebenten Jahrhunderte a. Chr. die magnetische Inklination in Griechenland eine südliche gewesen, dass sie durch Null hindurchgegangen und eine nördliche geworden, bevor die Fabrikation dieser Gefässe aufgehört hat. Wie lange die Inklination südlich gewesen, und welche Grösse sie erreicht hat, lässt sich aus dem jetzt vorhandenen Materiale nicht entscheiden.

Ohne die Unsicherheiten zu verkennen, welche der Untersuchung, wesentlich auch den archäologischen Altersschätzungen anhaften, glaubt Folgheraiter aus seiner Untersuchung folgende Schlüsse ableiten zu können: 1. In der Periode, in der man angefangen, die korinthischen Gefässe und die attischen mit schwarzen Figuren auf rotem Grunde zu fabrizieren, war die magnetische Inklination in Griechenland südlich (siebentes Jahrhundert a. Chr.). 2. Kurze Zeit später, vielleicht im Anfange des sechsten Jahrhunderts (als die Fabrikation der korinthischen Gefässe noch anhielt), war die magnetische Inklination noch Null und wurde dann nördlich. 3. Am Ende der Periode der attischen Gefässe (400 a. Chr.) war die nördliche magnetische Inklination nahe 20°.

5. Vulkanismus.

Die Thätigkeit des Vesuvs seit dem 3. Juli 1895 ist von Matteucci in einem Bericht in der Sitzung der Pariser Akademie vom 3. Juli 1899 geschildert worden. O. Lang giebt davon einen Auszug [1]).

---

[1]) Potonié's Wochenschrift 1899. p. 425.

»Hiernach öffnete sich bei Beginn der Eruptionsperiode im nordwestlichen Teile, aber über dem ganzen Gipfel des grossen Kegels hin, ein System von Spalten, auf denen sich zunächst elf Eruptionsschlünde zeigten, die Lava ausfliessen liessen. Vom 5. Juli jenes Jahres an beschränkte sich der Lavaausfluss auf die Basis des Kegels, wo im Atrio del Cavallo eine Lavakuppel entstand, die allmählich bis zu einer Höhe von 90 *m* anwuchs. Am 31. Januar 1897 verlegte sich die Ausflussmündung, indem sie auf der Spalte um etwa 40 *m* in die Höhe stieg; die Lava, deren Ausfluss andauerte, breitete sich da auf der erwähnten Kuppel aus und erhöhte sie solchergestalt (auf 835 *m* über dem Meeresspiegel). Wenn man sich damals auf der Plattform der untern Seilbahnstation aufstellte, erkannte man leicht, dass der sehr abgeplattete Umriss der Kuppel das Profil des grossen Vesuv-Aschenkegels genau in demselben Punkte traf, wie der Abhang des Primomonte oder Westabhanges der Somma. Gegen Mitte Februar 1898 konnte man nun unschwer feststellen, dass die Lavaausflüsse nicht mehr den Gipfel der Kuppel zu erreichen vermochten und seitlich ablenkten, zumeist nach Osten im Atrio, jedoch zuweilen auch nördlich oder südlich; der Ausflusspunkt blieb dabei kenntlich an seiner reichlichen Fumarolenentwickelung. Nach einem Monate aber fand sich der Umriss der Kuppel in so schöner Wölbung, dass ihr Gipfel etwa 15 *m* an Höhe gewonnen hatte, und die von der früher schon als Beobachtungspunkt eingenommenen Station aus gesehene Silhouette zwischen den grossen Vesuvkegel und den innern Sommaabhang trat, wobei sie den Kegel in einem bestimmten östlichen Abstande von dem Punkte erreichte, wo sie ihn früher traf. Diese Aufblähung der jetzt auf 163 *m* Höhe und 125 Millionen Kubikmeter Volumen geschätzten Kuppel kann nach Meinung des Beobachters nur aus dem Drucke der Lava erklärt werden, die, da sie nicht mehr über den Gipfel der Kuppel hin abzufliessen vermochte, anfing, diese in ihrer ganzen Masse zu heben, bevor sie einen seitlichen Ausweg fand. Für einen solchen Drucküberschuss spricht zugleich der Umstand, dass bei Eintritt des Ereignisses das Niveau der Lava wieder bis zu 60 *m* unter dem Rande im grossen Krater gestiegen, einige Zeit darnach aber auf das zuvor eingenommene Niveau von 200 *m* unter dem Rande zurückgesunken war. Nach Matteucci handelt es sich also hier um eine endogene Emporhebung, hervorgebracht durch die Intrusion eines wahrhaftigen Laccolithen, der die erstarrten Lavaschichten des Kuppelgipfels aufzublähen vermochte, so wie die amerikanischen Laccolithe die Sedimentärschichten emporwölbten, die ihren Ausfluss verhinderten. Hier zum erstenmal sei die Entstehung solchen Vorganges thatsächlich beobachtet worden, und wenn sich hieraus auch nicht ergebe, dass man zur alten Theorie der Erhebungskrater zurückkehren müsse, so sei doch damit bewiesen, dass nicht alles an Buch's Auffassung falsch (oder unbegründet) war.

In der Topographie des Vesuvs ist durch die Lavakuppel am Eingange zum Atrio, hinter der sich übrigens eine in gleicher Weise während der Jahre 1891—1894 entstandene Anhäufung findet, eine nicht unerhebliche Veränderung eingetreten, die von einigen andern begleitet wird. Das schon erwähnte Spaltensystem an der Seite des Vesuvkegels lässt sich von dem ein wenig oberhalb von dessen Fuss gelegenen Ausgangspunkte auf 1600 *m* Länge, 400 *m* Breite und etwa 500000 *qm* Fläche verfolgen. — Der Vesuvkrater war im Januar 1897 kreisförmig bei 136 *m* Durchmesser; dieser zeigte sich im Februar 1898 auf 160 *m* gewachsen. Augenblicklich hat der Krater eine neue Erweiterung erfahren und besitzt in Nord-Süd-richtung 185 *m* Durchmesser, von Osten nach Westen aber nur 180 *m*, bei 200 *m* Tiefe.

Von Fumarolenprodukten dieser Eruption führt Matteucci eine ungewöhnlich grosse Anzahl an, nämlich Chlorwasserstoff, Schwefel- und Kohlensäure (in Anhydritzuständen), Schwefelwasserstoff, Schwefel, Gips, verschiedene Sulfate und Chloride des Eisens und Kupfers, Eisenglanz (Oligiste und Erythrosiderit), Chloride und Sulfate des Natriums und Kaliums, Tenorit. Übrigens sei, was entschieden für die Geschichte und Lehre der Eruption wichtig ist, Selen in grosser Menge nachgewiesen, ebenso reichlich Fluorwasserstoffgas, daneben Jod- und Bromwasserstoffsäure, sowie endlich Natriumbikarbonat. Die räumliche Verteilung der Fumarolenerzeugnisse entspreche recht befriedigend den von Sainte-Claire Deville aufgestellten Gesetzen, ihre zeitliche Aufeinanderfolge aber den von Fouqué geäusserten Meinungen.«

E. Semmola kommt auf Grund zweijähriger Beobachtungen während der 1895 begonnenen Vesuveruption zu dem Ergebnisse, dass ein Zusammenhang der Eruptionsthätigkeit mit der Mondstellung durchaus nicht anzunehmen ist[1]).

Die Solfataren des Popokatapetl schilderten J. G. Ayuilera und E. Ordoñez[2]). Es sind nur noch sieben Solfataren in der westlichen Hälfte des Kraters thätig, deren Dämpfe eine Temperatur von 92° C. besitzen. Die aus der Zersetzung der Schwefelgase entstehenden Sublimationskrusten von gediegenem Schwefel lohnen heute nicht mehr die Ausbeutung. Der See im Innern des Kraters ist nach den Verff. ein Produkt der Kondensation der Fumarolendämpfe. Seine Temperatur beträgt in der Mitte + 28° C. H. Lenk fand den See im Dezember 1887 mit Eisschollen bedeckt.

Merkwürdige vulkanische Bildungen in Südarabien beschreibt Dr. F. Kossmat[3]): »Während des Aufenthaltes in Bal Hâf und Husn el-Gurâb im Herbste 1898 hatte er Gelegenheit, diese

---

1) Compt. rend. **126**. p. 926.
2) Mem. de la Scientif. Antonio Alzate Mexico **10**. No. 5. 6. p. 185.
3) Wiener akad. Anzeiger 1898. p. 277.

vulkanischen Bildungen der Umgebungen dieser Orte zu studieren. Die Eruptionen sind hier wesentlich jüngern Datums als jene von Aden, infolgedessen ist die ursprüngliche Form der Vulkane, Ströme und Decken noch ausgezeichnet erhalten, was die rasche Orientierung sehr erleichtert Besonders ergebnisreich war eine Exkursion zum Gebel Tabâb und zum Kasîf Schaurân, zwei prachtvollen, aus Basalttuff mit Kalk-, Olivin- und Basaltbomben aufgebauten Kratern, deren letzter ungefähr im Meeresniveau einen fast kreisrunden See mit salzigem Wasser enthält. Der Krater des Tabâb ist dadurch interessant, dass in seinem Boden zwei jüngere basaltische Kegel aufragen, welche einen Strom entsandten, der über die Tuffböschung zum Meere hinabfloss. Alle Laven der Umgebung von Bal Hâf und Husn el-Gurâb sind basaltischer Natur und von jenen der Umgebung von Aden gänzlich verschieden.«

Ein thätiger Vulkan am Atlin Lake östlich vom Lynnfjord im arktischen Nordwestamerika wird von W. B. Kinslowe geschildert[1]). Derselbe gehört einer Gruppe von vier hohen Bergkegeln an, die 400 *m* Höhe übersteigen. In der ersten Hälfte des Oktober 1898 erregte der Berg die Aufmerksamkeit der in seiner Nähe beschäftigten Goldsucher durch eine dichte Wolke, die an seinem Gipfel hing, und die anfangs als eine einfache Wetterwolke gedeutet wurde. Befremdlich erschien nur ihre Beständigkeit. Volle Klarheit über die Natur der Wolke wie des Berges erhielt man erst am 8. November, als sie in heller Feuerglut zu leuchten begann, und ein starker Aschenregen niederging, der den Boden weit und breit mehrere Zoll hoch bedeckte und die Leute am Birch-, Discovery-, Mc. Kee- und Pine-Creek in nicht geringen Schrecken versetzte. Gleichzeitig schwollen die an den Flanken des Vulkans herabströmenden Bäche mächtig an. Allmählich hörte dann der Aschenregen wieder auf, das Leuchten der dem Krater entflossenen Lava dauerte aber an, was die Goldsucher mit der anfänglichen Beunruhigung versöhnte; denn sie wurden dadurch in den Stand gesetzt, länger und bequemer, als es sonst an den kurzen Wintertagen unter 60° N. der Fall ist, ihrem lohnenden Gewerbe nachgehen zu können.

Die Vulkane von Minahassa (Nordostcelebes) behandelt Prof. H. Bücking[2]). Diese Vulkane sind hiernach zur Zeit in der letzten Periode ihrer Thätigkeit, die meisten im Solfatarenzustande; nur bei wenigen ereignen sich gelegentlich Ausbrüche von Asche und losen Steinen, aber keine Lavaergüsse. Zu den letztern gehören der Gunung Lokon (Gunung = Berg), »welcher zusammen mit dem G. Kasehe, dem G. Tetawiran und dem ebenfalls noch thätigen G. Empung (Empong oder G. Tompaluan) ein bis zu 1600 *m* an-

[1]) Geograph. Zeitschr. 1899. 5. p. 53.
[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 249 ff.

steigendes Gebirge südlich von Menado bildet, der östlich vom Lokon gelegene G. Mahawu (oder G. Rumengan), der von der Bai von Amurang aus gut sichtbare G. Seputan, der mit dem G. Manimporok (oder Tamporok) G. Sempu, G. Tonderukan und G. Kelelondey eine grosse unbewohnte, an Solfataren reiche Gebirgsmasse östlich von Amurang zusammensetzt, ferner der durch seine etwas grössere Höhe (2018.8 *m*) und mehr isolierte Stellung ausgezeichnete G. Klabat, sowie der an ihn nach NO hin sich anschliessende Doppelkegel des G. Duwa Sudara (zu deutsch: Zwei Gebrüder) und der G. Tonkoko (oder Batu-Angus). Auf die zuletzt genannten Berge hat man vom Dampfer auf der Fahrt zwischen den Inseln Bangka und Lembeh einen prachtvollen Ausblick. Sehr deutlich erkennt man dann an dem östlichen Fusse des Batu-Angus den geradezu modellartig geformten, unbewaldeten Nebenkrater G. Batu-Angus-baru und über diesem noch einen kleinern Krater von ähnlicher Gestalt. Der letzte vulkanische Ausbruch von etwas grössern Dimensionen, den die Minahassa erlebte, war der des Lokon im Jahre 1893. Nach dem Berichte von Paul und Fritz Sarasin wurden damals aus einer Öffnung auf der östlichen Seite der Einsattelung zwischen dem Hauptkegel und einem nördlich gelegenen jüngern Krater viel Schlamm und Steine ausgeworfen; auch eine lebhafte Dampfentwickelung fand an jener Stelle statt, ebenso aus einer kleinen Spalte an der Westseite des Berges. Die Solfatara war im Sommer 1898, als ich sie besuchte, noch in Thätigkeit; sogar von Menado aus konnte man bei klarem Wetter die Dampfsäule erkennen. Der Ausbruch des Lokon im Jahre 1893 war aber doch an und für sich recht unbedeutend. Der Verkehr in den nur 3 *km* entfernten Dörfern Kakaskassen und Kinilow erlitt keinerlei Störung; nur die Vegetation verbrannte und verdorrte auf etwa 500 *m* im Umkreise um die Ausbruchsstelle. Erst 1898 begannen die Wurzeln der Bäume wieder kräftig auszuschlagen, und die verbrannte Fläche überzog sich mit einem zunächst noch dünnen, grünen Pflanzenteppich.«

»Viel bedeutender waren die ältern Ausbrüche des G. Seputan, des G. Klabat und des G. Tonkoko, von welchen Junghuhn berichtet. Der Klabat (oder G. Kemas) hatte 1683 einen heftigen Ausbruch, der von einem starken Erdbeben begleitet war und einen grossen Teil des umliegenden Landes verwüstete. Jetzt entwickelt der grosse, nach der Westseite hin geöffnete Gipfelkrater nur noch heisse Wasserdämpfe. Der G. Tonkoko stiess nach langer Ruhe zum erstenmal 1801 wieder Feuer, Asche und Steine aus. Die ausgeworfene Asche trieb bis nach Kema, Ajermadidi und Menado. Die Steine, grau, scharfeckig und porös, waren zum Teil faustgross; sie bildeten einen Trümmerstrom, der sich nach NO bis in das Meer vorschob. Auch der parasitische Krater (G. Batu-angus-baru) scheint sich damals gebildet zu haben.

Der G. Seputan (Soputan, auch Saputang, Wailan und Vulkan von Tonsawang, letztere beiden Namen bei Reinwardt) hatte früher

alle Jahre oder ein um das andere Jahr einen Ausbruch von Asche, Sand und Steinen, wobei die Asche bisweilen bis nach Amurang und weiter auf etwa 30 *km* von dem Vulkan entfernt getragen wurde. Kleine Steine schleuderte er bis Langowan, etwa 13 *km* östlich von dem Vulkane gelegen. Asche wurde meistens in solcher Menge ausgespieen, dass die benachbarten, immerhin 10 *km* entfernten Reisfelder davon überschüttet wurden, und die Ernte verloren ging. Der letztere stärkere Ausbruch ereignete sich im Jahre 1838; er hielt zwei Tage an. Die Menge der ausgeschleuderten Asche war so gross, dass die Sonne ganz verdunkelt wurde; zu Amurang erreichte die Aschenlage eine Dicke von vier Zoll. Steine wurden nur in verhältnismässig geringer Menge gefördert; immerhin aber sollen einzelne, so gross, dass zwei Männer sie nicht zu umfassen vermochten, auf 2—3 *km* Abstand weggeschleudert worden sein.

Der dem Seputan gegenüberliegende G. Sempu hatte nach Reinwardt seinen letzten Ausbruch im Jahre 1819. Der G. Mahawu, (oder Mahoba, Rumengan) östlich von Lokon soll 1789 zum letztenmal thätig gewesen sein; jetzt finden aus dem weiten Krater, der einen kleinen See am Boden besitzt, nur noch schwache Dampfentwickelungen statt.

Ein ausgebrannter Krater ist nach Meyer auch der 834.4 *m* hohe kegelförmige Pik Menado tuwa, der die kleine Insel gleichen Namens bildet und, weithin sichtbar am Eingange in die Bai von Menado gelegen, den Seeleuten eine um so willkommenere Marke ist, als die Nordküste von Celebes entlang alle künstlichen Seezeichen fehlen.

Ebenso sind viele ander, weniger auffallende Berge wegen ihrer Form und ihres Aufbaues als alte Vulkane anzusehen. Ausserdem deuten Fumarolen, Schlammsprudel und kochend heisse Quellen, die man allenthalben im Lande trifft, darauf hin, dass der in der Tiefe vorhandene vulkanische Herd eine grosse Verbreitung besitzt. Auch die heftigen Erdbeben, von welchen die Minahassa öfters heimgesucht wird, zum letztenmal bei dem Ausbruche des etwa 250 *km* entfernten G. Awu auf Gross-Sangi im Juni 1892, sind wohl ohne Ausnahme auf vulkanische Kräfte zurückzuführen.«

Prof. Bücking besuchte 1898 die nahe der Strasse von Langowan und Tompaso liegenden heissen Quellen, Fumarolen und Schlammsprudel. Letztere bilden die Hauptmerkwürdigkeit von Langowan, welche schon Wallace besucht und beschrieben hat. »Eine Menge kleiner, meist nur 1—2 *m* breiter und ebenso tiefer Becken sind mit einem hellgrauen zäl.flüssigen Schlamme erfüllt, der heftig kocht und Blasen aufwirft. In einem etwas grössern Pfuhle, der an 7 *m* Durchmesser besitzt, brodelt es wohl an 20—30 Stellen; einzelne Schlammtropfen werden 2 *m* hoch emporgeschleudert. Der Schlamm hat die Temperatur des kochenden Wassers. Tiefenmessungen waren nicht ausführbar, da ein Nähertreten mit Gefahr verknüpft ist; Wallace erzählt, dass einige Jahre vor ihm ein Franzose die Sprudel besuchte, sich zu nahe an den flüssigen Schlamm wagte und, als die Kruste nachgab, in den furchtbaren Kochkessel hineinstürzte.«

6. Erdbeben.

Die sächsischen Erdbeben von 1889 — 1897 unterzog Hermann Credner einer speziellen Bearbeitung[1]). Die Ausgangspunkte der sächsischen und besonders der vogtländischen Erdbeben der Jahre 1878—1897 sind an Gebiete grösserer tektonischer Störungen gebunden; die Beben sind deshalb zu den tektonischen zu zählen. Diese tektonischen Störungen (Dislokationen) haben jedoch mit den Beben als solchen nur das zu thun, dass jene Gebiete dadurch zur Erdbebenentstehung besonders geeignet sind; die unmittelbare Erregung der seismischen Thätigkeit selbst dürfte jedoch in andern Ursachen, als dem gebirgsbildenden Drucke, zu suchen sein. Dies wird dadurch wahrscheinlich gemacht, dass die sächsischen wie die vogtländischen Erdbeben sowohl nach ihrer Zahl, als auch nach ihrer Stärke einer zweifachen Periodizität unterworfen sind; sie bevorzugen nämlich in beiden Beziehungen einerseits den den Winter einschliessenden Jahresabschnitt vom September bis zum März, insbesondere die Monate Oktober, November und Dezember, und anderseits den die Nacht einschliessenden Tagesabschnitt von 8 Uhr abends bis 8 Uhr morgens, und zwar namentlich die Zeit von Mitternacht bis 8 Uhr früh.

Die Ursache der Periodizität der bisher genau verzeichneten sächsischen Beben, auf die sich, wie betont wird, die obigen Ableitungen ausschliesslich und ohne Verallgemeinerung beschränken — also eine etwaige Abhängigkeit dieser seismischen Ereignisse von Einflüssen des Klimas, des Luftdruckes, der Niederschlagsmenge und von Konstellationen — bereits jetzt erörtern zu wollen, wäre ein verfrühtes Unternehmen. Ein solcher Versuch wird erst dann mit Aussicht auf Erfolg unternommen werden können, wenn die Erdbebenbeobachtungen in dem gleichen Schüttergebiete noch durch längere Zeit fortgesetzt sein werden.

Die Erdbeben in Griechenland 1893 bis 1898 sind von D. Eginitis statistisch behandelt worden[2]). Es wurden während dieser sechs Jahre im ganzen 3187 Bodenerschütterungen bemerkt, jährlich also im Durchschnitte 531. Auf die einzelnen Jahre verteilen sich wie folgt:

1893	876 Beben	1896	508 Beben
1894	659 »	1897	237 »
1895	491 »	1898	416 »

Die Jahre 1893 und 1894 scheinen zu einer Periode häufiger und kräftiger Beben gehört zu haben, in der Zante, Theben und und Locris in Griechenland, Konstantinopel und Sicilien, sowie noch entferntere Orte, heftig erschüttert wurden.

---

[1]) Abhandlg. K. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 24.
[2]) Compt. rend. 1899. 1. No. 26.

Die Erdbeben waren zahlreicher in den Monaten März, April, Mai und Dezember; das Monatsmaximum (395 Beben) fällt auf den Mai, das Minimum (154 Beben) auf den Oktober. Die seismische Energie wächst schrittweise vom Jahresanfange bis zum Monat Mai, darauf sinkt sie bis zum Oktober; auf September und Dezember fallen zwei sekundäre Maxima, von denen das letztere scharf zum Ausdrucke gelangt. Nach den Jahreszeiten sind die 3187 Erdbeben folgendermassen verteilt:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst
755	1077	767	588

Demnach fällt das Maximum auf den Frühling, das Minimum auf den Herbst, die beiden andern Jahreszeiten zeigen keine grossen Unterschiede. Diese Ergebnisse weichen erheblich von den sonstigen statistisch ermittelten ab, denen zufolge die Erdbeben in der kalten Jahreszeit häufiger sind, als in der warmen, und liefern eine Warnung vor Verallgemeinerung der auf beschränkten Gebieten gewonnenen Untersuchungsergebnisse.

In der Nacht traten 1833, am Tage 1354 Beben auf; für die Tagesstunden fiel das Maximum (347) auf die Morgenstunden zwischen 4 und 6 Uhr, das Minimum (176) ebenfalls auf die Morgenstunden, von 8 bis 10 Uhr. Diese statistischen Ergebnisse weichen wiederum von frühern ab, wenigstens in Betreff des Stunden-Maximums und -Minimums. Das Überwiegen der nächtlichen Beben kann sehr wohl ein nur scheinbares sein, durch den Umstand, dass während der Tagesarbeit schwache Beben nicht bemerkt werden.

Nach den Mondphasen verteilt, ergiebt sich das Maximum für den Vollmond und das Minimum für den Neumond; auch dieses Resultat stimmt nicht mit anderweitig ermittelten überein, insbesondere nicht mit der Folgerung von A. Perrey, wonach eine innige Verbindung zwischen den Mondsyzygien und der grössten Häufigkeit der Erdbeben bestehen soll deshalb, weil diese durch die von der Anziehungskraft des Mondes auf das Erdinnere hervorgerufene Flutwelle entständen. Demnach müsste also auch auf den Neumond ein Maximum fallen, das Minimum dagegen auf ein Mondviertel. Abgesehen von der grossen Unwahrscheinlichkeit, die nach Eginitis aus mehrern, auf Theorie und Beobachtungen beruhenden Gründen dieser Hypothese anhaftet, ist der Zahlenunterschied der auf die beiden Syzygien (1636 Beben) und der auf die Quadraturen (1532) fallenden Beben zu gering, um ihn theoretisch verwerten zu können.

Auch zu der Stellung des Mondes in seiner Bahn zeigt die Häufigkeit der Erdbeben keine Beziehungen. Die Zahl der Beben im Perigäum weicht nicht erheblich von der im Apogäum ab; jene beträgt 558, diese 603; übrigens fällt in drei von sechs Beobachtungsjahren das Maximum auf das Perigäum und in den drei andern auf das Apogäum. Die Erdbeben waren fast doppelt häufiger im Aphel als im Perihel der Erde.

Die Erdbeben auf Island vom 26. August bis 10. September 1896. Th. Thoroddsen hat im Sommer 1897 die von diesen Erdbeben betroffenen Gegenden besucht. Beinahe das ganze südliche Tiefland Islands (4000 *qkm*) wurde durch die Erdbeben stark erschüttert, aber ausserhalb dieses Gebietes waren die Erschütterungen nur schwach[1]). »Die heftigsten Stösse fanden statt: am Abende des 26. August um 9^h 50^m, 27. August morgens $9^1/_2{}^h$, 5. September um $10^1/_2{}^h$ abends, 6. September um 2^h morgens und den 10. Septemper um 11^h 20^m vormittags. Zwischen diesen stärksten Stössen wurden ausserdem viele kleinere Erschütterungen verspürt, und die Bewegungen setzten sich bis Mitte Juli 1897 fort; aber nur die vorhergenannten thaten an Häusern und Eigentum Schaden. Die Zeit kann für die Erdbeben nicht mit voller Sicherheit bestimmt werden, da es in Island keine Seismometer oder vollkommen genaue Zeitmesser giebt. Die Erdbeben waren sehr stark, die Erde zerschlug sich in unzählige grosse Spalten, Bergstürze fielen zu Hunderten von den Bergen herab, warme Quellen veränderten sich, und fast alle Gehöfte im südlichen Tieflande wurden mehr oder weniger beschädigt. Vieles Vieh, Kühe und Schafe, starb, doch nur drei Menschen kamen um, aber viele wurden verletzt. Dass nicht mehr Menschenleben verloren gingen, liegt an der Bauart der isländischen Gehöfte: jedes Gehöft besteht aus vielen niedrigen und kleinen Häusern, inwendig von Holz, auswendig mit Grastorf bedeckt; ausserdem sind viele kleine Stallgebäude auf dem eingehegten Grasfelde, dem tún, verstreut. Bei den ersten Stössen am 26. und 27. August wurden besonders die östlichen Bezirke (Rangárvallasýsla) östlich der Thjórsá erschüttert. In der Rangárvallasýsla gab es vor den Erdbeben 588 Gehöfte mit 3118 Wohnhäusern und 5739 Stallgebäuden; von diesen Gebäuden waren nach dem Erdbeben von den Wohnhäusern 603 ganz eingestürzt und 1517 sehr beschädigt, von den Stallgebäuden 1412 ganz eingestürzt und 1855 sehr beschädigt. In einer einzelnen Gegend der Rangárvallasýsla, die »Land« heisst, waren von 228 Wohnhäusern 163 ganz eingestürzt. Bei den Erdbeben am 5., 6. und 10. September litten die westlichen Gegenden am meisten: über 100 Gehöfte wurden fast ganz zerstört und viele beschädigt; nähere statistische Aufschlüsse hat man von dort noch nicht.«

»Das südliche Tiefland Islands, das sich vom Eyjafjallajökull bis zur Selvogsheidi erstreckt, ist von einem Kreise höherer und niedrigerer Tuffberge umgeben, die den Abfall von dem oberhalb liegenden unbebauten Hochlande bilden. Die Unterlage des Tieflandes besteht ebenfalls zum grossen Teil aus Tuff, so in den Gegenden: Flói, Ölfus und Skeid; Basalt bildet die Unterlage für Hollt und das östliche Flói, aber in Rangárvellir tritt der Tuff wieder hervor. In der Oberfläche finden sich bedeutende neuere Bildungen, ausser alluvialen und diluvialen Massen auch Lava in Flói, Skeid und Land. Diese Lava ist der unterste Teil des etwa 2000 *qkm*

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1898. No. 5.

grossen Lavastromes, den die Vulkane an den Fiskivötn einst in vorhistorischer Zeit ausgegossen haben. Im östlichen Hollt und in Rangárvellir ist die Oberfläche mit alten mächtigen Flugsandbildungen bedeckt. Das Tiefland ist ein Senkungsgebiet, das von tiefliegenden Bruchlinien begrenzt wird. Grössere Erdbeben in diesen Gegenden scheinen mit diesen Bruchlinien in Verbindung zu stehen, so dass die Gegenden, die zunächst an den Bergen liegen, welche das Tiefland umschliessen, am meisten verheert worden sind, während die Küstenstrecken in der Mitte dieses Gebiets nicht annähernd so schwer gelitten haben, wie die höher liegenden Gegenden und die Grenzgegenden gegen Osten und Westen. Die Gegenden mit der grössten Erdbebenintensität bilden einen unregelmässigen Bogen von den Eyjafjöll über Rangárvellir, Land Hreppar, Skeid, Flói und Ölfus. Aus den historischen Überlieferungen von den vielen frühern Erdbeben, die hier stattgefunden haben, geht jedoch deutlich hervor, dass diese ganze lange Strecke nicht auf einmal erschüttert worden ist. Die geologische Untersuchung weist darauf hin, dass die unter dem Tieflande liegende Landplatte durch transversale Brüche in kleinere Stücke geteilt ist, die bei den Erdbeben jedes für sich bewegt werden. Die Bewegung der verschiedenen Stücke beginnt meist im östlichsten Teile von Rangárvellir und setzt sich nach Westen bis Ölfus fort. Dies war auch 1896 der Fall: am Abende des 26. August wurden Rangárvellir, Land und der östliche Teil von Hreppar, am Morgen des 27. August am stärksten Vestrihreppur, besonders die Landstrecke zwischen Kálfá und Minni-Laxá, erschüttert. Erst am Abende des 5. September geriet das Basaltgebiet in Hollt und Flói in Bewegung und Ölfus am Morgen des 6. September. Die Thingvallasveit und Grímsnes wurden dagegen erst am 10. September erschüttert. Damit hatten die Erdbeben die ganze Linie durchlaufen, und alle Stücke des südlichen Tieflandes, die bei ältern Erdbeben erschüttert worden sind, waren nun auch bewegt worden.

Während der Bewegung jedes einzelnen Landstückes war der Erdbebenstoss hier sehr kräftig, und die Bewegung von unten nach oben gerichtet, so dass Flüssigkeiten, z. B. Milch in Kübeln, gerade empor geschleudert wurden, ohne dass der Kübel selbst umgeworfen wurde; aber von dem bewegten Stücke aus pflanzten sich die Erdbebenwellen nach allen Seiten über das ganze Tiefland fort und wurden von allen Augenzeugen, die sich unter freiem Himmel befanden, wahrgenommen. Die Wellenbewegung war nach der geologischen Beschaffenheit des Terrains verschieden, und einzelne Gehöfte in stark erschütterten Gegenden blieben verschont, wo die Erdbebenwellen auf die eine oder die andere Art gehemmt wurden. In Ölfus, das aus Tuff, Diluvium und Alluvium besteht, liegt der Pfarrhof Arnarbaeli mit zwei Reihen kleinerer Gehöfte auf einem Basaltgrat lotrecht zu der Erdbebenwelle, die von Norden kam; der Stoss war so stark, dass alle Gehöfte auf der Nordseite des Basaltgrates

in einem Augenblicke in Schutt zerfielen, während die, welche im Schutze auf der Südseite des Grates lagen, nur wenig beschädigt wurden. Durch dieses Hindernis wurde der Rückschlag der Erdbebenwelle so stark, dass Leute, die draussen auf einem Heuhaufen lagen, von diesem fort, 5 bis 6 *m* weit nordwärts geschleudert wurden und ein beinahe 2 *m* hoher Kachelofen drinnen im Pfarrhofe 8 *m* weit gegen die Erdbebenbewegung geworfen wurde.

Die Veränderungen, welche die Erdbeben an der Erdoberfläche anrichteten, waren sehr bedeutend. Grosse Bergstürze gingen von allen Bergen in diesen Gegenden nieder. Der einzeln stehende Berg Skardsfall in Land, der eine relative Höhe von 227 *m* hat, war mitten in der stärksten Bewegung und trägt auch viele Spuren des Erdbebens. Dieser Berg war bis hinauf zum Rande mit dickem Erdreiche bedeckt, und dieses wurde in riesigen Stücken abgerissen, die auf das Tiefland herabfielen und dort in gewaltigen Haufen liegen; es ist, als wären die Bergwände wie eine Frucht abgeschält. Der Berg besteht aus Tuff und Breccie und ist von einer Menge Spalten durchklüftet worden. Die Einwohner behaupten, er sei nach dem Erdbeben niedriger geworden als zuvor; da er aber vorher nicht gemessen worden ist, konnte die Richtigkeit dieser Behauptung nicht festgestellt werden. Ein Augenzeuge berichtet, dass der Berg während der Erdbeben einem Pudel geglichen habe, der sich schüttelt, nachdem er soeben aus dem Wasser gekommen ist. An dem Abhange (1 bis 2°) an der Thjórsá in der Nähe des Krókur löste sich ein Stück Erdreich von der Unterlage und wurde 29 *m* weit von seinem ursprünglichen Platze entführt, obgleich die Neigung so gering war; dieses Stück Erdreich hat eine Grösse von 10.354 *qkm* und eine Dicke von $2^1/_2$ *m*. Die Erdbebenspalten in diesen Gegenden sind unzählig, aber die grössten wurden in Land und Skeid beobachtet; hier finden sich Risse von 10 bis 15 *km* Länge und oft von einer Breite von 2 bis 4 *m*.

Die warmen Quellen wurden sehr verändert. In Ölfus entstand während der ungewöhnlich starken Erdbeben in der Nacht zwischen dem 5. und 6. September eine neue Quelle, ein Wasserbecken, 16 *m* lang und 8 *m* breit, das im Juni 1897 an der Oberfläche eine Temperatur von 72° C. hatte. Während des Erdbebens selbst entsandte diese Quelle Dampf und Grus bis zu einer Höhe von 200 bis 250 *m* in die Luft empor. In Biskupstungur fand sich zu Reykholt vor den Erdbeben eine Quelle, die im Jahre 1889 nur $^1/_2$ bis 1 *m* hoch sprang und eine Temperatur von 98° hatte; jetzt wirft sie grosse Wassermassen bis 10 *m* hoch, hat aber an der Oberfläche 96° Wärme. Am 23. Juli 1897 währte jeder Ausbruch 2 bis 5 Minuten, worauf eine Pause von 4 bis 5 Minuten stattfand, bis ein neuer Ausbruch begann. Viele andere Quellen und Quellengruppen sind sehr verändert worden, so besonders die Quellen um den Geysir her. Vor den Erdbeben sprudelte der grosse Geysir sehr unregelmässig und oft mit langen Zwischenräumen, seitdem

springt er täglich und oft höher als zuvor. Am 24. Juli 1897 mass ich die Wasserstrahlen des Geysir, die eine Höhe von 40 *m* hatten. Die bekannte Quelle Strokkur, die sich bei dem Erdbeben von 1789 bildete und seitdem immer gesprudelt hat, hat nun alle Ausbrüche eingestellt; aber die Röhre ist voll Wasser mit einer Temperatur von 70°. Die Quelle Blesi, die vor 1789 gesprudelt hatte, aber seitdem still gewesen war, hat nun wieder begonnen, unruhig zu werden, und eine neue sprudelnde Wasserröhre hat sich in der Nähe gebildet nebst einem zweiten 5 *m* langen und 4 *m* breiten Wasserbecken mit einer Temperatur von 95°.

Das grosse indische Erdbeben am 12. Juni 1897 bildete den Gegenstand einer Abhandlung von G. Agamennone[1]), von der Ehlert folgenden Auszug giebt[2]).

Während das Epizentrum etwa in der Gegend von Cherrapunji bei 25° nördl. Br. und 90° östl. L. v. Gr. angenommen werden kann und das Shillong-Plateau betraf, übertrifft die Zone der mehr oder minder grossen Zerstörungen 500000 *qkm*, und dasjenige Gebiet, innerhalb dessen das Erdbeben überhaupt (makroseismisch) verspürt wurde, beträgt etwa 4 Millionen *qkm*. Nach den Untersuchungen von Omori, Oldham und La Touche ist das Beben ein tektonisches, mit der Bildung des Himalaya und seiner südlichen grossen Verwerfungen zusammenhängend, und besass eine Tiefe von einigen 40 *km*. Die Ausbreitung bevorzugte die Richtung nach SW. Der Hauptstoss soll eine ungefähre Dauer von 2^m gehabt haben, es folgten ihm fünf stärkere und unzählige kleinere Nachbeben. Die Zeitangaben für Kalkutta schwanken zwischen $12^h\ 4.6^m$ und $12^h\ 7^m$ (M. E. Z.), dementsprechend resultieren auch für die Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen nach Europa hin zwei Werte. Dort ist das Beben nämlich an vielen Stationen durch bedeutende Seismogramme registriert worden, deren erster Beginn auf etwa $12^h\ 17^m$ fällt. Agamennone berechnet mit Zuhilfenahme der sphärischen Distanzen die mittlere Geschwindigkeit und erhält, wenn er nur die besten Stationen (mit schnell bewegtem Registrierstreifen) berücksichtigt, für die Anfangsbewegung 9 oder 11 *km*-Sek., im Mittel also 10 *km*. Während diese ersten Schwingungen eine Periode von etwa $^1/_2{}^s$ besassen, treten bei einigen wenigen Stationen gegen $12^h\ 40^m$ Wellen von 10^s (einfacher Periode) auf, für diese würde eine Geschwindigkeit von 2.7 *km*-Sek. resultieren. Dass Agamennone bei denjenigen Stationen, welche diesen Wechsel nicht zeigen, die Zeit der maximalen Bewegung als entsprechend betrachtet, scheint nicht gerechtfertigt. Diese langsamen Wellen, welche eine Ablenkung von 12″ und 54 *km* Länge besitzen, würden eine Amplitude von 0.5 *m* haben. Die Anfangsbewegung hat sich

[1]) Rendiconti R. Acc. dei Lincei 1898 7. 1. Sem., Ser. Va., fasc. 9.
[2]) Petermann's Mitt. 1899 Litteraturbericht No. 199.

offenbar direkt in der Sehne des Bogens Kalkutta—Mitteleuropa fortgepflanzt und hat eine Tiefe von 1200 *km* erreicht. — Auch in diesem Falle ist es zu bedauern, dass dem Verfasser das Strassburger Seismogramm nicht bekannt geworden ist. Dort ist die Störung ebenfalls exzeptionell, Anfang 12^h 17.9^m, Dauer drei Stunden, infolgedessen eine Geschwindigkeit von 9.4 und 11.4 *km*, bezogen auf die beiden Zeitangaben zu Kalkutta.

Dass dies Erdbeben, bemerkt Ehlert weiter, kein vulkanisches, sondern ein tektonisches war, ist ausser Zweifel; der Herd muss sehr tief gelegen haben, da in einem Umkreise von 150 *km* Radius der Hauptstoss völlig gleichzeitig um 5^h 19^m (M. O. Z. Shillong) verspürt wurde. Derselbe dauerte 30^s an, und er allein richtete die unsäglichen Verwüstungen an, welche in Assam zugleich über 1542 Menschenopfer verlangten. Die Hauptbewegung, welche sich vom Epizentrum (W von Cherrapunji) radial gleichmässig ausbreitete, dauerte 3^m. Die Seismometer in Shillong (umfallende Säulen) zeigten dort die Richtung SSW—NNO an. Die Nachbeben, welche bis Mitte August anhielten, waren in den ersten drei Tagen sehr zahlreich, etwa 200—300 Stösse pro Tag. Interessant ist das Auftreten von Erdspalten (bis 5 *m* Breite, von Sandkegeln, Grundwassereruptionen; der Brahmaputra stieg für drei Tage um 2 *m*, und er sowie andere Ströme richteten dadurch an ihren natürlichen Uferdämmen, welche (wegen ihrer Trockenheit während der Regenzeit) bebaut waren, ungeheures Unglück an.

Das Erdbeben auf Haiti am 29. Dezember 1897. Nach G. Agamennone muss das Epizentrum dieser um $6^1/_2$ Uhr (mittlere Ortszeit) mit grosser Heftigkeit aufgetretenen Erderschütterung in $19^1/_2{}^0$ nördl. Br. und 71^0 westl. L. v. Gr. gesucht werden. In Santiago, 30 *km* entfernt, war die Erschütterung stark, ebenso in Puerto-Plata, 40 *km* ab; in Port-au-Prince, 170 *km* südwestlich vom Epizentrum, hat ein Seismograph von der Erschütterung eine sehr bemerkenswerte Kurve aufgezeichnet. Das ganze Erschütterungsgebiet kann nach den vorliegenden Berichten auf 125000 *qkm* geschätzt werden. Nach dem ersten Stosse folgten im Laufe eines Monats etwa 40 kleinere Wiederholungen, nach denen der Boden seine gewohnte Ruhe erlangt hat. Der erste sehr heftige Stoss hatte nicht allein den Seismographen in Toronto (Canada), in einer Entfernung von 2800 *km*, in Bewegung gesetzt, sondern auch, freilich nur sehr leicht, in Europa die empfindlichen Apparate affiziert, namentlich die italienischen, und reichte bis nach Nicolajef, das einen ganzen Erdquadranten vom Epizentrum entfernt ist. Da der Seismograph von Port-au-Prince, woselbst ein Observatorium existiert, eine sehr genaue Bestimmung des Anfanges des Stosses ermöglichte, konnte man durch Vergleichung mit dem Beginne der Störungen an den Instrumenten in Europa feststellen, dass die schnellsten, seismischen Wellen sich bis nach Italien mit der mittlern Oberflächen-

geschwindigkeit von etwa 10 *km* in der Sekunde fortgepflanzt haben. Diesen (wahrscheinlich longitudinalen) Wellen folgten, wie gewöhnlich, die charakteristischen, langsamern Bodenschwingungen, von denen die grössten sich mit der Geschwindigkeit von im Mittel etwa 3 *km* in der Sekunde fortgepflanzt. — Agamennone weist zum Schluss darauf hin, dass, wenn man die Zeit von Port-au-Prince nicht hätte und den Berechnungen die Angaben aus Toronto zu Grunde legen würde, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit sich ganz ungewöhnlich gross ergeben würde, wahrscheinlich, weil Toronto erst von den stärkern Wellen Spuren besitzt, während die frühern, schnellern Bewegungen schwächer gewesen und den Seismographen nicht beeinflusst haben, wohl aber die empfindlichern Apparate in Europa[1]).

Die 1898 im holländischen Indien wahrgenommenen Erdbeben verzeichnet der vom Meteorologischen Observatorium zu Batavia ausgegebene Bericht[2]). Die Zahl derselben beträgt m

Januar . .	13	Mai . . .	4	September . .	10
Februar . .	16	Juni . . .	10	Oktober . . .	11
März . . .	6	Juli . . .	9	November . .	71
April . . .	15	August . .	9	Dezember . .	12

Erdbeben auf Island am 27. Februar 1899. In der Nacht vom 26. zum 27. Februar wurden in Reykjavík zwei starke Erdstösse verspürt. In der folgenden Nacht kamen zwischen 1 und 2^h kurz hintereinander drei so heftige Stösse, dass die Bevölkerung zum Teil den Morgen auf der Strasse erwartete, und den ganzen 27. hindurch kamen weitere Stösse, besonders nachmittags $^1/_2 5^h$. Am Kap Reykjanes war das Erdbeben so heftig, dass die Treppe vor der Leuchtturmthüre sich loslöste. Der Leuchtturm selbst ist nicht beschädigt. Im Hause des Wärters fiel im obern Geschoss ein Ofen um, und stürzte der Schornstein ein, auch wurden kleinere Hausratstücke beschädigt und der steinerne Wall um den Garten zerstört. Zweimal vierundzwanzig Stunden lagerten hier die Leute in einem Schuppen. In der Nähe des benachbarten Gunnuhvers (der heissen Quelle Gunna) entstand eine rauchende Spalte von beiläufig 376.6 *m* Länge. Auch in den Middalir (Dalasýsla) und in der Húnavatussýsla sind Stösse verspürt worden, während im Gebiete des Ayser Erdbebens nichts gemerkt wurde.

In Keflavík, nicht weit von Reykjanes, der Halbinsel, auf der das Erdbeben am stärksten war, wurden in der Zeit von 1 bis $^1/_2 3^h$ nachts am 27. Februar nicht weniger als zwölf Stösse verspürt, von denen einige an Heftigkeit den stärksten des grossen Erdbebens 1896 nicht nachstanden. Auch hielten die Erschütterungen den ganzen Vormittag hindurch an. Sie schienen aus WSW zu kommen.

[1]) Atti R. Accad. dei Lincei Rendic. 1898, Ser. 5, 7 (2), p. 316. Naturwissenschaftl. Rundschau 1899, No. 14.

[2]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned. Indië Deel 49. aff. Batavia 1899.

Der Leuchtturmwärter von Reykjanes hat folgenden Bericht abgegeben: »Am Abende des 26. Februar, eines Sonntags, kam um $6^h\ 34^m$ ein heftiger Erdstoss, um $8^h\ 30^m$ noch einer. Von da an kamen die ganze Nacht durch welche, in Zwischenräumen von nicht über 30^m, und oft vergingen Stunden, ohne dass es ganz ruhig wurde. Die Stösse selbst dauerten nur kurz, ungefähr je fünf Sekunden. Um 5^h früh erfolgte der letzte. Das Leuchtfeuer wurde die ganze Nacht hindurch unterhalten. Am folgenden Tage, den 27. Februar, kamen bis nachmittags $4^h\ 30^m$ nur vereinzelte und sanfte Stösse. Von da an aber wurden sie so heftig, dass der Schornstein im Wohnhause des Leuchtturmwärters die Stiege hinunterstürzte, ein Ofen im obern Stockwerke umfiel, diejenigen im Erdgeschosse schwankten, und lose Gegenstände niederfielen. Ein Bücherschrank stürzte zu Boden, ein Spinnrad zerbrach, und die Speisevorräte wurden beschädigt. An der östlichen Seite des Hauses wich die Grundmauer an den Ecken, und der steinerne Knick um das sogenannte tún, d. i. das sorgfältig gepflegte Land rings um das Anwesen, stürzte ein. Die Bewohner wagten nicht, in der Nacht im Hause zu bleiben, weil von dem Berge, an dessen Fusse es steht, beträchtliche Mengen Gestein herabfielen, und verbrachten sie in einem Schuppen am Strande. Die folgende Nacht konnte wegen der fortwährenden Erschütterungen das Leuchtfeuer nicht unterhalten werden. Dienstag den 28. morgens zeigte sich beim Betreten des Leuchtturmes, dass die Treppe an der Thüre losgesprungen war, und die Lampe, die, bereit zum Anzünden, im Leuchter hing, war auf die Seite gefallen und hatte ein Loch im Behälter; das Öl war auf den Wagen und die Drehvorrichtung geflossen, mittels deren das Feuer bewegt wird. Der Fussboden lag voll Glassplitter. Das Gerätehaus, das zum Leuchtturme gehört und aus Lavablöcken erbaut ist, hatte ziemlich bedeutende Risse in den Wänden. In der Nähe der Springquelle Gunnuhver dicht beim Wohnhause des Wärters, auf dem sogenannten Quellenfelde (Hveravellir), hatte die Erde eine Spalte, die in einer Länge von etwa 200 isländischen Klaftern (376.6 *m*) von NO nach SW verlief, und aus der mächtige Rauchwolken aufstiegen. Die Quelle sprang etwa vier isländische Ellen ($2^1/_2$ *m*) hoch. Der letzte Stoss erfolgte am 28. Februar um 10^h vormittags.«

In der Gemeinde Álptanes wurde am 26. Februar zwischen 12 und 1^h mittags ein leiser Stoss verspürt; nachts um 2^h kamen drei heftigere Stösse, so dass auf manchen Höfen die Leute sich in die Kleider warfen, und bis zum Montag Mittag folgte ein Stoss dem andern.

Aus dem Hrútafjörd wird geschrieben: Sonntag den 26. kam hier um $1^h\ 25^m$ mittags ein kurzer Erdstoss, zwar nicht so heftig, dass Gegenstände umgefallen wären, doch stark genug, dass offene Thüren sich in ihren Angeln bewegten und Gläser und Schüsseln in den Schränken aneinanderstiessen und klirrten. Bis zum 28. hielten die Stösse an, wenn auch minder stark als der erste.

Auch im Skagafjörd wurden in den letzten Tagen des Februar sowie am 1. und 2. März Erdstösse verspürt, von denen einige recht heftig waren. Ebenso werden aus dem nördlichen Teile der Strandasýsla um die Wende der Monate Februar und März Erschütterungen gemeldet, die vom 26. bis zum 28. Februar am stärksten auftraten.

Endlich wird aus der Sudur-Pingeyjarsýsla berichtet, dass es dort während des Winters öfters Erdbeben gab: das erste Mal Ende Januar, das heftigste vom 26. bis 28. Februar. Die Erschütterungen kamen aus SW.

Eine geometrische Theorie der seismischen Erscheinungen hat R. v. Kövesligethy gegeben [1]). Diese Arbeit bildet eine mathematische Durchführung der Schmidt'schen Theorie und führt zu dem Ergebnisse, dass Erdbebenstrahlen von einer gewissen Tiefe ab die Oberfläche nicht mehr erreichen, und zwar ist dies der Fall, wenn der (punktförmig angenommene) Herd der Erschütterung einige Tausend Kilometer tief liegt.

7. Inseln.

Die Insel Alboran ist vom Erzherzog Ludwig Salvator wissenschaftlich untersucht und geschildert worden [2]). Diese fast unbewohnte und fast nur in Fachkreisen bekannte kleine Insel des westlichen Mittelmeeres liegt ziemlich zwischen dem Kap de Gata, das den Golf von Almeria begrenzt, und dem Kap de Tres Forcas an der Marokkanischen Küste. Lotungen haben einen Zusammenhang zwischen den beiden Kaps festgestellt, der überdies auch durch die Ähnlichkeit der Gebirgsarten, sowie durch die Stellung ihrer Schichten angedeutet ist. Beide Vorgebirge und die Insel Alboran bilden die abgebrochenen Überreste des ehemals zusammenhängenden Festlandes. Die Insel ist von Melilla bloss 39, von Malaga 84, von Almeria 59 und von Adra 48 Meilen entfernt. Letzteres ist demnach der nächste spanische Ankerplatz. Das Eiland bildet ein Dreieck; die Länge beträgt 576 *m*, die grösste Breite 239 *m*, der Flächeninhalt rund 86 *ha*. Im Osten ist Alboran die isoliert stehende Isla de la Nabe vorgelagert. Die bedeutendste Anhöhe ist jene, worauf der Leuchtturm steht; sie hat eine Höhe von 19 *m*. Die Insel ist von zahlreichen Riffen und Untiefen umgeben und weist senkrechte Abstürze auf, in denen durch die zerstörende Wirkung der Wellen an verschiedenen Stellen Höhlen ausgespült worden sind. Sie ist beständig Winden ausgesetzt, die am stärksten in den Monaten Dezember und März wehen und das Meer so aufpeitschen, dass man in Alboran geradezu in einer Luft voll zerstäubten Seewassers lebt.

[1]) Mathem. u. naturwiss. Beiträge aus Ungarn 13. p. 418.
[2]) Alboran. Prag. Verlag von Heinrich Mercy Sohn 1898.

Alboran ist sehr felsig; die Schicht vegetabilischer Erde ist nur sehr dünn und wird durch die Zersetzung der allerdings nur in geringem Masse vorkommenden Pflanzen, sowie durch den Guano gebildet, den die daselbst nistenden Seevögel absetzen; das vorherrschende Gestein ist ein leicht zersetzbarer, mergeliger Tuff von gelblicher Farbe. Genaue Untersuchungen haben ergeben, dass die Insel nicht aus vulkanischen, sondern aus sedimentären Schichten geringen Alters besteht. Die Vegetation auf Alboran ist äusserst spärlich; zu den häufigsten Pflanzen gehört eine Art Frankenia. Dagegen ist die Insel reich an Seetangen. So gering wie das Pflanzen- ist auch das Tierleben. Früher hat es zahlreiche Kaninchen gegeben; jetzt ist ihre Zahl auf ein Minimum zusammengeschrumpft. Auf Alboran fehlen Schlangen, Eidechsen, Skorpione und Ratten; dagegen giebt es hier viel Silbermöven, die namentlich die Isla de la Nube gern aufsuchen. Die Ufer Alborans sind sehr fischreich und zur Beherbergung von Seetieren wie geschaffen. Ein Hund und die wenigen von den Leuchtturmwärtern (Torneros) gehaltenen Hühner bilden die einzigen Haustiere. Versuche der Torneros, Hammel aufzuziehen, mussten wegen Mangel an Nahrung bald aufgegeben werden.

Die Insel besitzt einen Leuchtturm dritter Ordnung; früher war auch eine Telegraphenstation vorhanden, die aber aufgelassen worden ist. Auf der ganzen Insel haben sich zur Zeit der Anwesenheit des Verfassers nur elf Personen befunden, die Familie der Leuchtturmwärter mit eingerechnet. Der Verkehr mit Alboran wird durch den Dampfer vermittelt, der zwischen Almeria und Oran verkehrt und von der spanischen Regierung gegen eine Entschädigung verpflichtet wurde, auf jeder Fahrt, die zweimal im Monate stattfindet, auf Alboran zu landen, Lebensmittel und Wasser für die Torneros mitzunehmen und die Post zu befördern [1]).

Die Insel Ustica bildet den Gegenstand der Forschungen und einer monographischen Darstellung des Erzherzogs Ludwig Salvator [2]). Die Insel liegt im Tyrrhenischen Meere nordwestlich von Palermo, ist 3.5 *km* lang, 2.5 *km* breit, hat einen Umfang von 12 *km* und einen Flächeninhalt von 8.65 *qkm*. Sie ist zumeist eben und wird nur von einer kleinen Gebirgskette durchzogen, die aus zwei Hauptanhöhen besteht: der im Zentrum gelegenen, zweiteiligen Guardia Grande oder Di Mezzo, deren höchsten Punkte Punta die Maggiore (239 *m*) und del Turco (230 *m*) heissen und mit ihren Abhängen bis zur Küste reichen; ferner der davon getrennten, im Westen der Insel gelegenen, gegen die See zu steil abfallenden Falcunara. Um diese einen Halbkreis bildende Gebirgskette dehnen sich die ebenen Teile der Insel aus, und zwar NW von der See und dem Guarda

---

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1899. p. 107.
[2]) Ustica. Prag. Verlag von Heinrich Mercy Sohn 1898.

del Turco begrenzt die Ebene Spalmadore, an die sich jene dell' Ogliastrella anschliesst, die ihrerseits in die von Süden streichende Ebene von Mezzogiorno übergeht, während sich im NO jene der Tramuntana ausbreitet. Zwischen den vorerwähnten höchsten Punkten und der Falcunara liegt in einer Einsattelung der einzige Ort der Insel, gleichfalls Ustica genannt.

Was den geologischen Aufbau Usticas betrifft, so spricht sich der Autor dahin aus, dass die Insel ihrer Gesteinsbildung nach zu den Liparen gehört und die Verlängerung der Linie Salina-Filicuri-Alicuri bildet. Ihr Ursprung dürfte posttertiär sein, daher einer neuern Periode angehören, worauf auch die auf der Südseite der Insel in den durch Kalkstein zementierten Schlacken vorkommenden Petrefakten hindeuten, die noch jetzt lebende Formen zeigen.

Die Masse der Insel besteht grösstenteils aus Basalten und nur zum geringern Teile aus Andesiten. So ist z. B. der Monte Guardia del Turco aus Laven von basaltischer, hingegen die Punta di Maggio aus solchen andesitischer Natur gebildet. Die Lavaausbrüche (Colate) haben sich zumeist gegen SW ausgedehnt, während der östliche Teil der Insel einen Rand von weichem Tuff aufweist, der einen bimssteinartigen Charakter besitzt. Die gegen SO abstürzende Küste ist dagegen aus zementierten, im allgemeinen roten Schlacken gebildet.

Das Klima von Ustica ist dem ausgesprochen maritimen Charakter dieses Eilandes entsprechend im Winter milder und im Sommer kühler als jenes der nahen sizilischen Küste. Die Insel ist übrigens häufig Winden ausgesetzt, und wehen dann im Sommer die heissen afrikanischen SO-Winde herüber, so erreicht die Temperatur ab und zu eine Höhe von 38°.

Ein grosser Vorteil für die Insel, namentlich im Hinblicke auf den herrschenden Wassermangel, ist die reichliche Taubildung. Diese ist insbesondere bei Ost-Winden so stark, dass dadurch der Regen ersetzt wird. Es gedeihen zufolge dessen auf Ustica vortrefflich Gemüse, Getreide und herrliches Obst, namentlich Granatäpfel, Feigen, Birnen, Pflaumen und Trauben.

Selten fällt auf Ustica ein ausgiebiger Regen; tritt aber ein solcher ein, so besitzt er oft den Charakter eines tropischen Platzregens, der mitunter auch verheerend wird. So wurde die Insel in den Jahren 1769 und 1776 von so schweren Regengüssen heimgesucht, dass alle Anpflanzungen zerstört, die Scheide- und Terrassenmauern weggerissen, ja selbst Gebäude beschädigt wurden.

Ustica besitzt gar keine Quellen; die wenigen Brunnen am Strande enthalten bloss Brackwasser, das lediglich zur Viehtränke dient. Es giebt daher auf Ustica mehrere grössere, öffentliche Cisternen, von denen die von der Regierung auf den Abhängen der Falcunara im Jahre 1884 erbaute 96000 Hektoliter fasst. Ausserdem besitzt jedes Haus auf Ustica seine Cisterne, in der das Regenwasser aufgefangen wird. Und dennoch geht das Trinkwasser manch-

mal zur Neige und muss auf Schiffen aus Palermo nach Ustica transportiert werden.

Das Meer um die Insel wurde in den letzten Jahren genau untersucht und die Küste ziemlich frei von Riffen gefunden; nur sind ihr zwei submarine Bänke vorgelagert, wovon die im NW gelegene der Schiffahrt gefährlich ist, da ihre höchste Stelle nur 2 *m* unter dem Meeresspiegel liegt.

Die Insel ist, wie bereits erwähnt, fruchtbar und mit Ausnahme von den schwer zugänglichen Stellen ganz bebaut. Der Boden besteht aus rötlich-schwärzlichem Lehme, der sich zumeist aus der vulkanischen Asche und der zersetzten Lava gebildet hat. Die unbebauten Stellen der Insel sind von Mastix-Sträuchern, von wilden Ölbäumen und sporadisch auch von Rhamnus Alaternus L. bewachsen.

Die Fauna Usticas bildet nichts Eigenartiges; sie ist im grossen ganzen dieselbe wie jene an der Küste Siziliens. Sehr häufig kommen in den Gewässern Usticas fliegende Fische und die Seeschildkröte (Chelonia carelta) vor, welch letztere an besonders windstillen Tagen an der Meeresoberfläche sich sonnen und schlafen und dann auch gefangen werden können[1]). Wasservögel, selbst Möven findet man auf Ustica nicht häufig, und auch die kleinen Vögel hausen nicht auf der Insel, sondern ziehen nur vorüber.

Die Marquesas-Inseln sind von Karl von den Steinen besucht und geschildert worden.[2]) Dieser Archipel besteht aus zwölf Inseln, die in drei Gruppen von NW nach SO gelagert sind. Die Gruppe von drei unbewohnten kleinen Inseln des äussersten Nordwestens beiseite lassend, unterscheidet man gewöhnlich für die neun andern Inseln eine Nordwestgruppe mit den drei bewohnten Inseln: Nukuhiwa, Uahuka und Uapou, und eine Südostgruppe mit den drei bewohnten Inseln: Hiwaoa, Tahuata und im äussersten Süden Fatuiwa.

»Ungefähr in der Mitte zwischen Neu-Guinea und der peruanischen Küste gelegen, zwischen dem 8. und 11. Grad südl. Br., stellt der Archipel innerhalb der Tropenzone, wenn man von kleinen Eilanden der Paumotu-Inselwolke und dem hart am Wendekreis liegenden Mangarewa absieht, den am meisten nach Osten vorgeschobenen Posten der Polynesier dar. Tahiti im Südwesten ist etwa 750 Seemeilen, Hawaii im Nordwesten, wohin wohl ziemlich sicher marquesanische Zuwanderung erfolgt ist, allerdings auch kleine Etappen auf dem Wege zur Verfügung standen, an 3000 Seemeilen entfernt.

In der geologischen Bildung, der Flora, der Fauna ist der Archipel, wie in der politischen Verwaltung, eine etwas vernach-

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1899. p. 105.

[2]) Verhandlgn. d. Gesellsch. f. Erdkunde in Berlin 25. p. 489.

lässigte Dépendance von Tahiti: einförmiger, artenärmer, mit oft heroischen, aber selten lieblichen Landschaftsbildern. Ohne Krater, aber vulkanischen Ursprungs, aus massigen Feldspat-Gesteinen und ihren thonigen Verwitterungsprodukten zusammengesetzt, erheben sich die Inseln bis zu 1200 *m* in den steilen, schroffen Formen einer zentralen Kette mit scharfem Kamme, Querrippen senken sich zum Meere und schliessen Steilthäler ein, die in flach ausgeschnittenen, den Fallwinden ausgesetzten Buchten enden.

Auf den beiden grössten Inseln kommt ein ziemlich ausgedehntes Plateau von 400—600 *m* Durchschnittshöhe zustande und vermittelt mit jähem Aufstiege und Abstiege einen Verkehr zwischen der Nordküste und Südküste. Üppige Vegetation in den tiefern Thälern, zumal in der Umgebung einiger prächtigen Kaskaden; üppig auch auf den Höhen, die der Passat bestreicht, während die abgewandten Seiten eine baumlose Gräser- und Farrndecke tragen. Als Eigentümlichkeit des gesunden, ein wenig warmen Klimas gilt die grosse Unregelmässigkeit der Niederschlagsmenge.

Der Hauptunterschied von Tahiti: es giebt keine Strandriffe, kein ebenes Vorland. Der wirtschaftliche Wert, obwohl noch sehr steigerungsfähig, ist deshalb gering. Ausfuhr 1897: 250 Tonnen Kopra, 500 Ballen Baumwolle, 50 Tonnen Fungus. Man hat neuerdings mit der Kultur von Kaffee begonnen.

Die menschlichen Siedelungen ziehen sich vom Strande bis ungefähr 200 *m* thalaufwärts. Höher lebt nur eine kärgliche Vogel- und Insektenwelt, Eidechsen, Mäuse, und neben einem kleinen Pferdebestande verwilderte Ziegen, Schafe und Rinder. Viele Thäler liegen jetzt verödet, wo man im Buschwerke auf die Steinterrassen oder Plattformen marquesanischer Häuser und Tempelplätze, der Maraes, stösst.

Für das Areal der bewohnten Inseln — etwa gleich dem des Fürstentumes Lippe — kommen heute höchstens 3.5 Eingeborene auf den Quadratkilometer.

3800 Marquesaner sind der Rest einer 1838 auf 20200, 1856 auf 12550, 1882 auf 4865 Seelen geschätzten Bevölkerung. Als Hauptursache der Abnahme gelten Schwindsucht, Lepra und geringe Zahl der Geburten. Man behauptet gegenwärtig einen gewissen Stillstand. Die Zahl der Leprösen, die nur vorübergehend stationiert waren, beträgt nicht unter 250 oder 6.6 %.«

Über die ethnologischen Forschungen von den Steinen's, die den Hauptzweck seiner Reise bildeten, ist die obige Quelle nachzulesen.

Die Koralleninseln des Fiji-Archipels hat M. Agassiz im Jahre 1897 besucht und die hauptsächlichsten davon durchforscht[1]). Die Ergebnisse seiner Untersuchungen stellt er zu Belegen seiner der Darwin'schen entgegengesetzten Ansicht über die Bildungsweise der Atolle zusammen.

[1]) Bull. of the Mus. of comp. Zoology 33. 1899.

Die Insel Mayotte schildert G. Couarde, der sie mit der österr. Korvette »Saïda« besuchte[1]). Sie ist die östlichste der Comoren, zu denen noch die Inseln Gross-Comoro, Anjouan und Mohilla gehören. Sie nehmen so ziemlich die Mitte der nördlichen Ausmündung des Kanales von Mozambique ein, und zwar liegt speziell Mayotte zwischen 12° 44′ und 13° 5′ südl. Br. und 42° 2′ und 45° 19′ östl. Länge.

Die Einwohnerzahl beträgt auf Mayotte beiläufig 12000, jene der ganzen Inselgruppe etwa 80000, wovon die Hälfte auf die grösste, hochgebirgige Comoro-Insel fällt, die 18.2 Quadratmeilen einnimmt. Der Flächeninhalt Anjouans hingegen beträgt 6.8, der von Mayotte 6·6 und der Mohillas nur 4.2 Quadratmeilen.

Die ganze Gruppe ist vulkanischen Ursprungs; doch war in diesem Jahrhunderte eine vulkanische Thätigkeit nur auf Gross-Comoro bemerkbar, wo Eruptionen ziemlich häufig, und zwar in den Jahren 1830, 1855, 1858, 1861 und 1883 vorkamen und zeitweise verheerend waren. Erdbeben sind jedoch auch auf den andern Inseln nicht selten.

Gross-Comoro ist durchweg gebirgig und erhebt sich steil aus dem Meere bis zu der imposanten Höhe von 2400 *m*. (Mt. Kartalo). Anjouan, gleichfalls hoch, 1600 *m*, ist jedoch weitaus die landschaftlich schönste und auch reichste der Inseln, wozu ihre eigentümliche dreieckige Form, mit der auch der Zug der Gebirge übereinstimmt, wesentlich beiträgt.

Die Höhen von Mohilla und Mayotte stehen jenen der andern Inseln nach, erreichen aber immerhin 650 *m* und zeigen manche eigentümliche Gestaltung; der auffällige Berg Uchungui auf Mayotte steigt ohne Übergang aus der Ebene bis 642 *m* auf und nähert sich in der Regelmässigkeit seines Aufbaues überraschend der Form eines Zuckerhutes.

Der Boden ist allerwärts sehr ergiebig und geeignet, nahezu alle Produkte der tropischen Bodenkultur zu liefern.

Das Klima ist vorwiegend ozeanisch und, wenn auch die Inseln nicht weitab vom Äquator liegen, doch relativ mild. Das Thermometer erreicht im Januar sein Maximum zumeist bei 29.6°, selten 32°, im Juni sein Minimum mit 20.7° und hält als Jahresmittel 25° C.

Während des Aufenthaltes der Korvette anfangs Dezember zeigte das Thermometer einen Tages- und Nachtunterschied von 7° bei leichten Brisen, die nachmittags von NO, morgens von SO einsetzten; diese geringen Temperaturdifferenzen sind den tropischen Kulturen sehr gedeihlich.

Grössere Abweichungen stellen sich auf den Höhen ein, die deshalb von Kranken und Rekonvaleszenten, sowie Gesunden mit Vorteil zur Erholung aufgesucht werden.

---

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien **42.** p. **263.**

Nicht weit von der Gruppe zieht der breite Äquatorial-Passatstrom nach Westen vorbei und sendet zeitweilig einen Seitenarm zur Gruppe.

Die Wärme des Wassers, bekanntlich ein Hauptfaktor für die Entwickelung des Klimas, hält sich zwischen 24° und 28°, einer Temperatur, bei der die ersehnte Erfrischung eines Freibades, dem auch durch Haie Gefahren drohen, illusorisch wird.

Die Jahreszeiten sind durch den Einfluss der Ozeanwinde markiert, die im November, selten früher, von NO als Monsune einsetzen und den Sommer sowie die Regenzeit einführen. Mitte März, oft schon früher, stellen sich die südlichen Winde mit zumeist schönem und kühlerem Wetter ein; sie sind im Gegensatze zum NO-Monsun leicht und nur selten stürmisch. Cyklonen hat man bis vor kurzem gar nicht gekannt, da die Inseln vor diesen durch Madagaskar Deckung finden. Doch das Jahr 1898 hat deren zwei gebracht, die auf Mayotte grosse Verheerungen anrichteten und zahlreiche Opfer an Menschen forderten.

Ausser wertvollen statistischen Mitteilungen giebt Verf. auch ein Verzeichnis der hauptsächlichsten Tiere und Pflanzen der Insel Mayotte.

Der Batan-Archipel und die Babuyanen-Inseln ist Gegenstand einer litterarischen Studie von Ferdinand Blumentritt gewesen[1]). Dieselbe beruht auf den Berichten mehrerer Dominikaner-Missionare. Zwischen den Inseln Luzón und Formosa zieht sich eine Kette von Eilanden dahin, deren Name verschieden angeführt wird; auf nichtspanischen Karten werden diese Inseln der Bashee-Archipel genannt, die Spanier zerlegen aber diesen Archipel in die mehr an Luzón anliegende Gruppe der Babuyanen und in die Gruppe der Batánes. Beide Inselgruppen sind thatsächlich durch einen breiten Kanal voneinander getrennt, den Kanal Balingtang der spanischen Seekarten.

Die Babuyanen (d. h. »Schweine-Inseln«) umfassen fünf grössere Inseln und einige kleinere Eilande und Klippen. Diese grössern Inseln sind: Camiguin, Fuga, Dalupiri, Calayan und Babuyan oder Babuyan Claro. Die wichtigste von ihnen ist Calayan. Man schätzt ihr Areal auf 36000—40000 *ha*.(?)[2]) Diese Insel ist mit dichten Wäldern bedeckt, wodurch sie sich besonders vor den waldarmen Batan-Inseln auszeichnet, deren Bewohner genötigt sind, beinahe ihren ganzen Bedarf an Bauholz von Calayan zu decken. Neun Flüsse, von denen einige für kleine Kähne befahrbar sind, strömen von den (vulkanischen?) Bergen zu den ausgedehnten und fruchtbaren Küstenebenen, in denen sie aber zum Teile stagnieren und dadurch die Brutherde des Malariafiebers werden, wegen dessen diese Insel so berüchtigt ist.

---

[1]) Mitt. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien 41. No. 9. p. 593.
[2]) Nach Cavada Mendez de Vigo: 7085 *ha*.

Ausser dem Reichtum an Waldbäumen ist das häufige Vorkommen des besonders für die Dachdeckung unentbehrlichen Bejucorohres (sprich: Behuko) zu erwähnen, das in grossen Mengen nach den Batan-Inseln ausgeführt wird. Die Wälder und Ebenen sind von unzählbaren Pferden, Kerabau-Büffeln, Rindern und verwilderten Schweinen bevölkert, vor deren Einbruch in die Saaten sich die Eingeborenen nur mit Mühe schützen können. Letztere zählen 600 Köpfe und sind nahezu alle Ilokanen, also von Luzón her abstammend.

Camiguin oder Camiguing hat nach Cavada Mendez de Vigo einen Flächeninhalt von 183223 *ha*. Blumentritt giebt diese, wie alle folgenden Arealangaben nur mit Vorbehalt, denn die Angaben der spanischen Autoren sind so voll von Widersprüchen, dass sie wenig Vertrauen einflössen. Nach den PP. Buzeta und Bravo ist diese Insel drei Leguas lang und eine Legua breit. Die Insel besitzt einen Vulkan, der 936 *m* hoch ist. Er galt als vollständig erloschen; im Jahre 1857 öffnete sich am südwestlichen Abhange eine Spalte oder Kraeröffnung, und »durch deren Ausflüsse entstand ihm gegenüber ein kleiner Berg aus vulkanischen Materialien«, wie Cavada Mendez de Vigo sagt. Jener Schlund bildete sich nahezu im Niveau des Meeresspiegels, und ihm entströmt jetzt eine heisse Quelle. Der Boden besitzt, wie auf den Inseln Fuga und Babuyan Claro nur eine dünne Humusschicht, besonders die Hänge sind beinahe nackter Fels, da die reichlichen Regen alles gute Erdreich abspülen. Die Ebenen sind fruchtbar und bilden die Weide von zahlreichen Pferden, Büffeln und Rindern. Die Insel zählt nur 96 ilokanische Einwohner.

Fuga und Dalupiri sind noch steiniger als Camiguin, das immerhin nach Calayan die üppigste Vegetation unter den Babuyanen aufweist. Fuga zählt 300 Einwohner (Ilokanen), auf einem Areal von 99375 *ha*. Dalupiri oder Dalupin ist 96210 *ha* gross mit 140 ilokanischen Einwohnern.

Babuyan Claro weist nach Buzeta fünf Quadratleguas, nach Cavada-Mendez de Vigo 121114 *ha* Flächeninhalt auf. Diese Insel besitzt einen thätigen Vulkan. Die Einwohner (42 Seelen) sind teils Ilokanen, teils Batanen.

Merkwürdigerweise erwähnen die Missionäre von den Dedicaklippen, die durch die von Semper besprochene vulkanische Eruption in der Fachlitteratur so bekannt geworden sind, gar nichts.

Viehzucht und Fischfang bilden die Hauptbeschäftigung der Eingeborenen, nur auf Camiguin und Calayan wird dem Ackerbau mehr Sorgfalt gewidmet.

Nördlich von den Babuyanen, getrennt durch den Kanal Balingtang, liegt die Batangruppe, deren wichtigste Inseln Batan, Saptan und Ibayat oder Itbayat sind. Die Inseln sind sehr gebirgig und vulkanischer Natur. Die vulkanischen Gebirge scheinen, wenn die Beobachtungen der Missionäre richtig sind, eine Kalkschicht durch-

brochen zu haben. Die Berge haben alle eine konische Gestalt, ein Berg im nördlichen Batan wird direkt als »gewesener« Vulkan bezeichnet. Wahrscheinlich ist dies der Monte Idaya oder Irraya, der nach den spanischen Seekarten 1160 *m* hoch ist. Es wird auch eine grosse Grotte erwähnt, sie findet sich in der Nähe von San Cárlos. Sie heisst Jujmaren (sprich: Huchmarén) und liegt dicht am Strande des Meeres. Aus ihr entspringt ein Bach mit trinkbarem Wasser, an welchem diese Inseln einen so grossen Mangel leiden, dass die Einwohner sich genötigt sehen, das von den Bäumen herabrieselnde Regenwasser mit Gefässen aufzufangen.

Das Klima der Batan-Inseln ist sehr verrufen, gefährliche Fieber sind endemisch und suchen ihre Opfer nicht nur unter den Europäern, sondern auch unter den Eingeborenen. Die mittlere Temperatur ist niedriger als in Luzón, die Monate November, Dezember und Januar erscheinen sogar den an Wärme gewöhnten Philippinern kalt. Genaue Temperaturmessungen scheinen übrigens nicht gemacht worden zu sein. Die Dürre fällt in die Zeit von Mai bis August.

Beständig wehen starke Winde, welche die Wolken, in Fetzen gerissen, über den Himmel jagen, so dass, im Gegensatze zu den Philippinen, Gewitter selten sind. Durchschnittlich giebt es nur vier bis fünf Gewitter im Jahre, und diese ziehen so rasch dahin, dass das Unwetter meist nach wenigen Minuten vorüber ist. Dagegen treten Taifune oder Wirbelstürme nicht nur häufig, sondern auch mit grosser Heftigkeit auf. Auch Erdbeben sind bei der vulkanischen Natur des Landes nicht selten; besondern Schrecken verursachte das Erdbeben vom Jahre 1870 (das Datum wird nicht näher angegeben), wo der auf der Insel Itbayat liegende Ort San Vincente im Verlaufe von neun Stunden 19 starke Erdstösse auszuhalten hatte.

Die Kanäle sind von starken Strömungen durchzogen, welche im Vereine mit der Steilheit und Hafenarmut der Inseln den Verkehr ausserordentlich erschweren. Der beste Hafen ist der von Santo Domingo auf der Insel Basey oder Batan. Die hohe Steilküste der Insel Itbayat bietet nur bei Manin den Schiffen einen sehr unsichern Schutz, da der Ankergrund felsig ist, und die Macht der Strömungen zur Flutzeit eine so grosse Gewalt besitzt, dass kein Ankertau es aushält. Um bei dieser Gelegenheit auf die Zerrissenheit des Bodens dieser Inseln zurückzukommen, sei erwähnt, dass man, um vom Ankerplatze Manin nach dem nächsten Orte Santa Maria zu gelangen, genötigt ist, eine primitive senkrechte, 150 Sprossen oder Einkerbungen enthaltende Leiter aufwärts zu klettern.

Jene Meeresströmungen haben im allgemeinen zur Zeit des Südwest-Monsuns eine nördliche, zur Zeit des Nordost-Monsuns eine südliche Richtung, doch giebt es auch Gegenströme.

Alle Inseln sind waldarm, der Fels tritt meist nackt zu Tage. Bei der Dürftigkeit des Bodens und dem Wassermangel fehlt hier der Sumpfreis, der wenige Reis, der hier gebaut wird, ist der so-

genannte Bergreis. Die Hauptfrucht liefern Camote, Gabi (Caladium esculentum) und ähnliche Knollengewächse, es werden auch Mais, Zwiebeln, Knoblauch und Zuckerrohr angebaut. Die Kokospalme kommt hier noch recht gut fort, spielt aber doch nicht die Rolle, wie in der übrigen malayischen Inselwelt. Noch ist die Baumwolle als Produkt des Archipels zu erwähnen.

Niveau-Veränderungen auf den Samoa-Inseln glaubt W. v. Bülow nachweisen zu können[1]. »Im Jahre 1883,« so berichtet er, »bewohnte ich ein Haus einer deutschen Handelsstation in dem Dorfe Matautu auf der Insel Savaii. Das Haus stand etwa 50 Schritte vom Seestrande entfernt, hatte einen kleinen Garten vor der Thür nach der See zu, der von einem Stacketenzaune umsäumt war, an dessen äusserer Seite Faulbäume (Hibiscus tiliaceus) und Milobäume (Thespesia populnea) einen kleinen am Strande entlang führenden Pfad beschatteten. Von dem Hause führte ein Fussweg in westlicher Richtung und dann in einem Bogen nach Süden nach der Dorfstrasse. Einige Jahre später musste das Haus, ausser wegen Altersschwäche, auch deshalb abgerissen werden, weil das Meer den Strandweg mit den Bäumen und einen grossen Teil des Gartens nebst Zaun verschlungen und dem Hause sich bereits bis auf zehn Schritte genähert hatte. Der Fussweg, so weit er in westlicher Richtung mit dem Strande parallel lief, war nur durch kostspielige Steinanfuhren, die mehrere Meilen weit herbeigeschafft werden mussten, gerettet worden.

Demselben Schicksale fiel die Strasse des benachbarten Dorfes Lelepa anheim, und das Riff in dem Dorfe Avoa, welches ein inneres Saumriff war, da es das feste Land begrenzte, hat jetzt eine kleine Lagune zwischen sich und dem Lande, welche bereits etwa 70 Fuss breit ist. Die Küste zwischen dem Dorfe Sasina und dem Dorfe Asau auf der Insel Savaii, sowie viele kleinere Küstenstrecken auf der Südseite dieser Insel, haben keine Riffe, da die Felsen senkrecht zur See abfallen, und die letztere bereits am Fusse der Felsen so tief ist, dass die Korallen einen genügenden Baugrund nicht haben. Hier donnert das Meer das ganze Jahr hindurch an die Felsen, und bei gelegentlichen Bootreisen und Fussreisen an dieser Küste entlang konnte ich mich überzeugen, wie vielfach die unterhöhlten Felsen bei dem Wechsel von Regen und Sonnenschein sich loslösten und in die Tiefe sanken, die auch unter Wasser so gross ist, dass selbst grosse herabstürzende Felsmassen keine Uferbank oder eine erkennbare Schuttablagerung unter Wasser bildeten. Dass auch an dieser Küste, obgleich Korallenbänke hier nicht entstanden, weil deren Baumeister eben keinen zum Anbau günstigen Boden gefunden hatten, das Festland fortwährend sich verringert, ist erklärlich.«

---

[1]) Globus 75. p. 198.

Die Weihnachts-(Christmas-) Insel südlich von Java ist von Chr. W. Andrews 1897—1898 durchforscht worden[1]). Die Insel erhebt sich als steiler Felsen aus den Tiefen des Indischen Ozeans, 12½ Seemeilen lang und an der schmalsten Stelle 3½ Seemeilen breit. Sie besteht aus einem zentralen Plateau und einer Anzahl dasselbe umgebender Terrassen, die durch Steilabsätze voneinander geschieden sind. Von letztern ist der unterste der auffallendste. Bei einer Höhe von 75—90 *m* fällt er fast senkrecht zu der schmalen Küstenterrasse ab. Letztere senkt sich sehr sanft gegen das Meer, um schliesslich mit einer 5—9 *m* hohen Klippe gegen dasselbe abzustürzen, welche vielfach von der Brandung unterwaschen und dadurch überhängend geworden ist. Eine unterseeische Terrasse umgiebt einen grossen Teil der Insel in Form eines Küstenriffs, dessen Breite und Tiefe unter dem Meeresspiegel bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. An der Westseite fehlen die Terrassen und sind durch eine gleichmässige sanfte Abdachung ersetzt, die von mehrern tiefen Schluchten durchfurcht ist. Der Boden derselben besteht aus Basalt; zur Regenzeit werden sie von reissenden Bächen durchströmt.

Bezüglich der Entstehungsgeschichte dieser Insel äussert Andrews folgende Ansicht: »In einer mässigen Tiefe lag eine submarine Bank, auf welcher zahlreiche Foraminiferen lebten und ausgedehnte Kalklager bildeten. Die Grundlage der Bank war vulkanisch, und von Zeit zu Zeit erfolgten neue Lavaausbrüche, welche die Kalke durchbrachen; das Auftreten des Palagonittuffs beweist, dass dieselben submarin waren. Dann folgte eine geringe Hebung, die Tuffschichten wurden durch Kalkinfiltrationen verfestigt und über ihnen neue mächtige Schichten von Orbitoiden-Kalkstein abgelagert. Auf dieser Grundlage wuchsen dann Korallenriffe empor und bildeten schliesslich eine atollförmige Gruppe von Inseln. Ihre jetzige Gestalt erhielt die Insel durch mehrfache, von Ruhepausen unterbrochene Hebungen. Die einzelnen Terrassen bildeten sich während der Ruhepausen als Strandriffe um die Insel. Während der Hebungen traten mehrfach lokale Verwerfungen und Abrutschungen ein, die sich an mehrern Stellen der Insel nachweisen lassen.« Die Insel ist dicht bewaldet, die Fauna aber dürftig.

8. Das Meer.

Die Bodenformen des Weltmeeres. Eine Zusammenfassung und Diskussion der über die Bodenformen der Ozeane bis jetzt bekannten Thatsachen gab A. Supan[2]) gleichzeitig mit einer sehr instruktiven Karte des Meeresreliefs in Flächenkolorit. Er betont mit Nachdruck,

[1]) Andrews, A descript. of Christmas Island (Indian Ocean) G. J. 8. p. 13. Auszug daraus von Langenbeck in Petermann's Mitt. 1899. p. 292, woraus oben der Text.
[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 177 ff.

dass das Relief in erster Linie nicht von den absoluten, sondern von den relativen Tiefen abhängt. Dass wir aber den absoluten Tiefen noch immer eine so grosse Wichtigkeit zuschreiben, erklärt er einfach daraus, dass wir immer mit Isobathenkarten operieren und gezwungen sind, die Linien in grossen Abständen zu ziehen. Seines Erachtens ist es vorläufig nur wünschenswert, in Bezug auf die Benennung der Hauptglieder eine Übereinstimmung zu erzielen. Durch die Unterscheidung von primärer und sekundärer Gliederung wird die Sache wesentlich vereinfacht.

»Vom Festlande ausgehend,« fährt Supan fort, »stossen wir zunächst auf den Kontinentalrand, und jenseits desselben liegt der eigentliche Meeresgrund mit seinen Erhebungen und Vertiefungen.

Der Kontinentalrand gliedert sich wieder 1. in das Kontinentalplateau, die flache, sanft sich neigende Küstenfortsetzung, die in der Regel bis 200 *m* Tiefe, an einigen Stellen aber nur bis 50 oder 80 *m*, an andern bis 400 *m* Tiefe reicht und dann mit einem Gefällsbruche endet; 2. in die Kontinentalböschung, die entweder mehr oder weniger einheitlich verläuft oder einen deutlichen Stufenbau zeigt. Ich möchte hier besonders betonen, dass für das Kontinentalplateau der Ausdruck Flachsee zu vermeiden ist. Flach- und Tiefsee sind rein bathometrische Begriffe. Die Nordsee wie die Ostsee sind Flachseen, aber nur die erstere ist ein Kontinentalplateau, die letztere aber ein echtes Becken. Die Grenze zwischen der Kontinentalböschung und dem eigentlichen Meeresgrunde ist manchmal scharf erkennbar, besonders in stark überhöhten Profilen, manchmal aber verlaufen sie ganz allmählich ineinander. Die Schwierigkeit der Grenzbestimmung würde sich in diesem Falle, der übrigens auch bei überseeischen Formen nicht selten ist, aber nur dann bemerkbar machen, wenn man das Areal der Kontinentalböschung feststellen wollte.

In Bezug auf die Formen des eigentlichen Meeresgrundes lassen sich zur Zeit nur sehr allgemein gehaltene Definitionen geben. Be den Erhebungen kommt es nicht bloss auf die Höhe, sondern auch auf die Böschung an, aber über die letztere können wir uns nur dann ein Urteil bilden, wenn die Messungen dichter aufeinander folgen. Immerhin muss der Unterschied zwischen flachen Anschwellungen und steilern Erhebungen festgehalten werden, wenn wir uns auch im einzelnen Falle sehr häufig nur nach Analogie entscheiden können. Die flachen Erhebungen nennen wir Schwellen; sie sind aber nur dann von Bedeutung und verdienen eigene Namen, wenn sie Teile der primären Gliederung sind, d. h. wenn sie bei plötzlicher Trockenlegung des Meeresgrundes als Hauptwasserscheiden funktionieren würden. Steilere Erhebungen von grösserer Ausdehnung bezeichnen wir als Rücken, wenn sie eine ausgesprochene lineare Erstreckung zeigen, sonst als Plateaus.

Neben ausgedehntern Erhebungen giebt es auf dem Grunde des Meeres auch Einzelberge, die mehr oder weniger steil über dem

ebenen Boden aufsteigen, und die Lotungen im Bereiche der Ellice-Gruppe belehren uns, dass auch eine reihenweise Anordnung von Inseln noch keine Gewähr dafür bietet, dass sie auf einem gemeinsamen Sockel ruhen. Wir können hier Tiefberge, Bänke bezw. Riffe und Inselberge unterscheiden; die erstern bleiben in der Tiefe verborgen, die zweiten nähern sich in bedrohlicher Weise dem Meeresspiegel, die letztern steigen über diesen empor. In der primären Gliederung spielen die Tiefenberge, soweit unsre jetzige Kenntnis reicht, keine Rolle.

Den Erhebungen stellen wie als zweite Hauptkategorie die Vertiefungen gegenüber. Aber gerade die ausgedehnteste unterseeische Bodenform, der Flachgrund, ist nur relativ eine Vertiefung, d. h. nur für unsern Standpunkt, weil wir alle absoluten Vertikalmasse auf den Meeresspiegel beziehen. Wiegt eine Horizontaldimension entschieden vor, so hat sie die Form einer Mulde, sonst die eines meist unregelmässigen Beckens. Der Ausdruck Flachgrund ist dem Flachland nachgebildet, da sich beide Begriffe völlig entsprechen. Strenge Ebenheit ist auf dem Lande wie auf dem Meeresgrunde nur selten vorhanden, die verhältnismässige Geringfügigkeit der benachbarten Höhen-, bezw. Tiefenunterschiede genügt, um den Eindruck der Flachheit hervorzurufen. Aus diesem Grunde berücksichtigen wir ja auch nur diejenigen Schwellen, die für die primäre Gliederung von Bedeutung sind. Wie über, so kann man auch unter dem Meere Tief- und Hochflächen unterscheiden; als Grenze kann man etwa 4000 *m* annehmen. Aber diese Unterscheidung gilt nur für getrennte Räume: wir können das karibische Tiefbecken dem mexikanischen Hochbecken gegenüberstellen, wie die Po-Tiefebene der Bayerischen Hochfläche, aber es hat keinen Sinn, diese Trennung vorzunehmen, wenn sich ein Becken an dem Rande ganz allmählich über die Grenz-Isobathe erhebt.

Es giebt aber auf dem Meeresboden auch wirkliche Vertiefungen oder Hohlformen, und diese sind es gerade, die besondere Aufmerksamkeit beanspruchen dürfen.

Schon länger bekannt sind die Rinnen, namentlich in der Nähe der Küsten, wo sie nicht selten Fortsetzungen überseeischer Thäler darstellen und dann auch wirklich als überschwemmte Thäler aufgefasst werden. Sie kommen auch in Tiefflächen vor, wie die merkwürdige Furche im Biskayischen Golf, die erst kürzlich E. Hull mit dem Adour verknüpft hat. Aber alles das sind nur Detailformen; ob die grösseren Vorkommnisse dieser Art, wie die norwegische und die Färöer-Rinne, auf den gleichen Ursprung zurückzuführen sind, bleibt noch fraglich. Doch das berührt uns hier nicht. Wir müssen in der Morphologie des Meeresbodens den genetischen Gesichtspunkt überhaupt in den Hintergrund drängen aus dem einfachen Grunde, weil eine geologische Untersuchung nur selten und auch dann nur unvollständig vorgenommen werden kann.

Als Rinne habe ich früher auch eine andere, noch wichtigere Hohlform bezeichnet, auf die wir zuerst durch die Lotungen der »Egeria« im Bereiche der Tonga-Inseln aufmerksam geworden sind. Seitdem ist das südliche Seitenstück zu dem, was ich früher »Tonga-Rinne« genannt habe, bekannt geworden, und nachdem einmal das Auge für diese Bodenform geschärft war, konnte man sie leicht auch in andern Teilen des Ozeans erkennen. Ich schlage jetzt dafür den Ausdruck »Graben« vor, betone aber, dass er sich nur auf die Form, nicht auf die Entstehungsweise bezieht, wenn ich es auch für wahrscheinlich halte, dass auch die submarinen Gräben Verwerfungserscheinungen in grossem Stile sind. Die Gestalt des Grabens unterscheidet sich von der der Rinne wesentlich dadurch, dass der Aussenrand beträchtlich tiefer liegt als der Innenrand, in der Regel zeichnet sich auch die innere Böschung durch grosse Steilheit aus. Ebenso bedeutsam ist die Art ihres Vorkommens. Die Karte (Supan's) verzeichnet neun Gräben (in Klammern die bekannten Maximaltiefen): den Atacama-Graben (7635 *m*), den Alëuten-Graben (7383 *m*), den Japanischen Graben (8513 *m*), den Karolinen-Graben (8184 *m*), den Tonga-Graben (9184 *m*), den Kermadeck-Graben (9427 *m*), den Sunda-Graben (6205 *m*), den Portorico-Graben (8341 *m*) und den Cayman-Graben (6269 *m*). Mit Ausnahme des letztgenannten liegen sie alle an den Rändern des Festlandes, und wo sie abseits zu liegen scheinen, wie der Karolinen-, Tonga- und Kermadeck-Graben, dürfen wir vermuten, dass sie alte Festlandsränder umsäumen. Ferner ist hervorzuheben, dass sie nur Küsten von pazifischem Typus, also Faltenland begleiten. Dies wirft einiges Licht auf die geologische Thatsache, dass die Sedimente in den gefalteten Zonen eine grössere Mächtigkeit besitzen, als in den ungefalteten Nachbargebieten; eine Thatsache, zu deren Erklärung die amerikanischen Geologen bekanntlich ihre hypothetischen Geosynklinalen herangezogen haben. Sicher kennen wir noch nicht alle Gräben, aber schon jetzt darf man es aussprechen, dass nicht jedes gefaltete Küstenland submarine Gräben besitzt. Mit ziemlicher Bestimmtheit können wir das z. B. von der Westküste Nordamerikas aussagen. Die Gräben sind eben beschränkte Bodenformen, wenn wir auch nicht in allen Fällen ihre Ausdehnung mit voller Sicherheit angeben können. Durch Lotungen ist z. B. die Abtrennung des Tonga- vom Kermadeck-Graben festgestellt, anderseits darf ich aber auch nicht verschweigen, dass für den Portorico- und noch mehr für den Sunda-Graben allzu wenig Material vorlag, und dass auch die Ausdehnung des Karolinen-Grabens noch recht hypothetisch ist. Die Tiefe der Grabensohle ist ungleichmässig, aber wichtig ist, dass die tiefsten Stellen aller Ozeane den Gräben angehören, ja dass wir Tiefen von 7000 *m* und darüber ausserhalb der Gräben mit Sicherheit nicht kennen.«

Die vertikale Hauptgliederung des Weltmeeres betreffend, bemerkt Supan, es scheine, dass die Bodenplastik des Indischen

Ozeans verhältnismässig am einfachsten sei, doch könne der Schein wie die Erfahrungen der allerjüngsten Zeit gelehrt, sehr trügen. »Von der Küste Afrikas bis Neuseeland breitet sich das Indische Becken aus. Wir rechnen also die Ostaustraulische Bucht zwischen Australien und Tasmanien einerseits und Neuseeland anderseits zum Indischen Becken, so lange wir nicht wissen, ob sich nicht von Tasmanien eine Schwelle nach S zieht; — unsre Darstellung gründet sich darauf, dass das tasmanische Kontinentalplateau steil nach S abstürzt. Genauer betrachtet, ist freilich keine strenge Beckenform vorhanden, denn der Boden senkt sich nicht nach der Mitte, sondern nach dem Ostrande zu und geht dann in der Nähe von Java, wie wir vermuten, in den Sundagraben über. Zwischen Sumatra und der parallel damit in SO vorgelagerten Kette der Mentáwei-Inseln entdeckte die deutsche »Valdivia«-Expedition eins jener abgeschlossenen Randbecken, wie sie für den westlichen Teil des Grossen Ozeans so charakteristisch sind. Die grösste gemessene Tiefe in diesem Mentáwei-Becken beträgt allerdings nur 1671 *m*, aber immerhin ist das eine relative Einsenkung von nahezu 800 *m*, denn die Verbindungsstelle mit dem Ozeane kann, wie sich aus der vertikalen Temperaturverteilung ergiebt, nicht tiefer als 900 *m* sein.

Westlich vom 80. Meridian wird die Gliederung etwas verwickelter. Von N her springt der Chagos-Rücken vor; den Nachweis der Verbindung der Chagosbank mit den Malediven verdanken wir ebenfalls der »Valdivia«-Expedition. Die breite Maskarenen-Schwelle trägt Bänke und Inselplateaus; entgegen den sonstigen Darstellungen beziehen wir auch Réunion in diese Schwelle ein. Madagascar verbindet sich mit Afrika durch die Mozambique-Schwelle; ob sich aber hier die 3000 *m*-Linien im N und im S nicht zusammenschliessen, muss dahingestellt bleiben.

Nach N verzweigt sich das Indische Becken in die Bengalische und Arabische Bucht, nach S zeigten die bisherigen Tiefenkarten ein sanftes Ansteigen zum Antarktischen Kontinentalrand. Diese Auffassung ist durch die Arbeiten der »Valdivia«-Expedition unhaltbar geworden. Aber zweifelhaft bleibt es noch, auf welche Weise man die alten und die neuen Erfahrungen verknüpfen soll, denn zwischen den Kerguelen und den Crozet-Inseln klafft eine gewaltige Beobachtungslücke. Ich lasse in der Mitte des Ozeans die Kerguelen-Schwelle, über die sich die Inselplateaus von Neu-Amsterdam, St. Paul, Kerguelen und McDonald erheben, weit nach N vortreten, kann mich aber dabei nur im N und W auf Beobachtungen stützen, denn in dem grossen Raume zwischen 40 und 60° S und 80 und 100° O fehlen solche gänzlich. Die Crozet-Schwelle im W mit den Crozet- und Prinz Edward-Inseln erhebt sich allseitig aus dem Tiefbecken; auch über ihre wahre Ausbreitung müssen erst künftige Lotungen Licht verbreiten. Zwischen diesen beiden Schwellen verbindet die über 5000 *m* tiefe Kerguelen-Mulde das eigentliche Indische Becken mit der von der »Valdivia« ent-

deckten antarktischen Tiefsee. Das nördliche Ende ist durch zwei Lotungen von 5441 *m* in ca. 40° S, 60° O, und von 5159 *m* in ca. 38° S, 63° O festgelegt. Dass das Inselplateau von Kerguelen und McDonald in 51 und 52° Br. steil nach W abstürzt, ist durch die »Valdivia« erwiesen, und von Bedeutung ist ferner die Lotung der deutschen Expedition in 54° 33′ S, 67° 52′ O, wo bei 4919 *m* der Grund noch nicht erreicht wurde. Dann folgen die 5000 *m*-Lotungen um den 60. Parallel. Es ist also immerhin möglich, dass zwischen Kerguelen und den Crozet-Inseln eine Schwelle oder ein Rücken besteht, aber es dünkt mich dies wegen der Temperaturverhältnisse an der Eiskante in der Nähe des Enderby-Landes wenig wahrscheinlich. Hier zeichnet sich — soweit das spärliche Vergleichsmaterial einen Schluss gestattet — das Wasser durch besonders hohe Temperatur aus, und es liegt nahe, dies mit der warmen Kerguelenströmung in Verbindung zu bringen, die auf ihrem Wege nach der Antarktis durch keine unterseeische Barriere aufgehalten wird. Die Kerguelen-Mulde wäre demnach das Bett des Kerguelenstromes.

Auch im Grossen Ozean lassen uns die spärlichen Lotungsreihen das Bodenrelief wahrscheinlich einfacher erscheinen, als es in Wirklichkeit ist. Wir erkennen dies schon daraus, dass auf der Strecke Fidschi — Hawaii — Kalifornien, wo jetzt schon mehrere Reihen nebeneinander liegen, die Tiefenlinien einen viel unregelmässigern Verlauf nehmen, als in den übrigen Teilen des Ozeans, die vereinzelte Messungsreihen in weiten Abständen voneinander durchziehen.

Charakteristisch für den Ozean sind die Randbecken, die ihn in einer ununterbrochenen Aufeinanderfolge von dem Bering-Meer bis zu dem Ostaustralischen Becken umsäumen und gegen das grosse Pazifische Becken teils durch Inselbrücken, teils durch Grabenversenkungen abgeschlossen sind.

Das Pazifische Becken ist ebenso einseitig gebaut wie das Indische, nur senkt es sich nicht zum östlichen, sondern zum westlichen Rande. Im SO verliert es nach der Karte sogar den Charakter eines Tiefbeckens, indem die 4000 *m*-Linie weit nach W vorspringt, aber diese Darstellung beruht im wesentlichen auf einer einzigen Reihe von ziemlich weit voneinander entfernten Lotungen und ist daher noch recht problematisch. Den mittlern Teil des Beckens durchschwärmen zahlreiche, aber verhältnismässig kurze Inselrücken; es ist das eine orographische Gestaltung, die lebhaft an das Innere Australiens erinnert.«

Supan macht aber darauf aufmerksam, dass die Vereinigung der Inseln zu Rücken in vielen Fällen nur hypothetisch ist, selbst in den Randmeeren harrt noch vieles der Aufklärung.

Am besten bekannt sind natürlich die Bodenverhältnisse des Atlantischen Ozeans. Er unterscheidet sich von dem Grossen und Indischen Ozean nicht nur durch seine thalartigen Umrisse, sondern

auch durch seine Bodenplastik. Es ist ein ähnlicher Gegensatz wie zwischen Amerika und der Ostfeste, der Gegensatz zwischen der meridionalen und äquatorialen Richtung. Statt eines einzigen grossen Beckens haben wir hier eine Doppelmulde, durchschnitten von der Atlantischen Schwelle, die die Biegungen des Küstenrandes wiederholt. Die Verbindungsstelle zwischen ihrem nördlichen und südlichen Aste ist ebenso schmal wie das zentralamerikanische Zwischenstück. Fast ganz unbekannt ist der Abschnitt zwischen 3 und 21° N — nur eine einzige Lotung! —, wir können aber trotzdem, sagt Supan, nicht der Auffassung der Seewarte beitreten, dass hier eine wirkliche Unterbrechung stattfindet. »Gegen N verbreitert sich die Schwelle und erhöht sich zum Azoren-Plateau, noch weiter nördlich geht sie in den Isländischen Rücken über, der die britische Kontinentalstufe mit Grönland verbindet. Im S sehen wir in 30—40° Br. zwei Querriegel ausgehen.

Die Mulden sind durch Anschwellungen in der Nähe des Äquators zweigeteilt, die westliche in das Nordamerikanische und das Brasilianische Becken, die östliche in die Nordafrikanische und die Südafrikanische Mulde.

Die Westatlantische Mulde setzt sich mit abnehmender Tiefe in der Grönländischen Bucht fort. Viele Karten zeigen in der Baffin-Bai eine grosse Einsenkung, die auf einer Lotung Inglefields auf dem »Phönix« im Jahre 1853 beruht. In 73° 11′ N, 64° 35′ W wurde angeblich bei 5249 *m* noch kein Grund erreicht. Diese Lotung ist aber, wie so viele ältere, sicher nicht stichhaltig; dagegen erscheinen die beiden Messungen von Ross im September 1818: 1820 *m* in 72° 23′ N, 73° 6½′ W, und 1838 *m* in 72° 17′ N, 71° 46½′ W durchaus glaubwürdig. Aus dem Flutphänomen wurde zwischen Upernivik und Rensselaer Hafen auf eine mittlere Tiefe von 1500, und zwischen dem letztern und Holstenberg auf eine solche von 400 *m* geschlossen. Wenn im Smith-Sund eine Rinne von mehr als 200 *m* Tiefe vorhanden ist, so muss sie nach O, nach der Peabody-Bai abgerückt sein. Für ihre Existenz sprechen die Lotung von 371 *m* in der Mitte des Kennedy-Kanals und eine andre von 366 *m* im Hall-Becken.

Die Ostatlantische Mulde findet zwar am Isländischen Rücken ein vorläufiges Ende, erscheint aber jenseits desselben wieder im Nordmeer-Becken; dann folgt die Arktische Schwelle in 72—73° Br., endlich die Arktische Mulde, die die norwegische Polarexpedition bis in die Gegend der Neusibirischen Inseln verfolgt hat. Diese Reihe von Einsenkungen benutzt der Golfstrom zu seiner Bahn nach dem nördlichen Eismeer. Über die weitere Gliederung dieses Meeres wissen wir wenig; von grösserer Ausdehnung scheint das Spitzbergen-Plateau zu sein.

Wir wenden uns nun nach dem S. In der Gegend von Tristan da Cunha zweigt von der Atlantischen Schwelle eine Seitenschwelle ab, die wir nach dem Rio Grande benennen wollen, weil sie sich in

der Breite von Rio Grande do Sul der Küste nähert. Wir können also sagen, dass die westatlantische Mulde hier endigt und mit dem Argentinischen Becken (oder Mulde?) eine neue Einsenkung beginnt. Wie weit es sich nach S erstreckt, ist unbekannt. Nach einer ansprechenden Hypothese von H. Arctowski ziehen die andinen Falten von der Staateninsel in einem weit nach W vordringenden Bogen nach Graham-Land hinüber; dieser Bogen ist ein unterseeischer Rücken mit steiler West- und sanfter Ostabdachung, der die natürliche Grenze zwischen dem Atlantischen und Pazifischen Ozean bilden würde. Die Lotungen der »Belgica« lassen sich mit dieser Annahme sehr gut in Einklang bringen, denn Feuerland wie Graham-Land erheben sich steil über eine 3—4000 *m* tiefe Einsenkung.

Das Seitenstück zum Rio Grande-Rücken ist der Walfisch-Rücken, den zwar bisher noch kein Senkblei berührt hat, auf dessen Vorhandensein wir aber aus den Temperaturverhältnissen schliessen müssen. Wir wissen nur, dass er zwischen der »Gazella«-Station in 24° 24′ S, 0° 12′ O (5166 *m*, Bodentemperatur 2.4°) und der »Valdivia«-Station in 26° 49′ S, 5° 54′ O (5040 *m*, Bodentemperatur 0.8°) liegt. Wir können vermuten, dass er sich in der Nähe der Walfisch-Bai mit dem afrikanischen Sockel vereinigt, sind aber ganz im Unklaren darüber, an welcher Stelle er sich von der Atlantischen Schwelle abzweigt.

Südlich vom 38. Parallel beginnt leider das grosse mare incognitum; nur im äussersten Osten hat uns die »Valdivia«-Expedition mit einer hochwichtigen Lotungsreihe beschenkt, die bis in die polare Zone hineinreicht. Freilich bleibt auch hier der Zusammenhang noch problematisch, aber doch in verschiedenem Grade. Ganz hypothetisch ist die Annahme, dass die Bouvet-Insel auf der Fortsetzung der Atlantischen Schwelle liegt. Im W erstreckt sich diese vielleicht über jene grosse, rätselhafte Bank, von der kürzlich Dinklage wieder gesprochen hat, Südgeorgien und die Sandwich-Gruppe bis Grahams-Land. Viel sicherer ist die Ausdehnung der Kap-Mulde bis gegen 60° Br. und ihr Zusammenhang mit der Kerguelen-Mulde. Wie weit erstrecken sich aber die Fortsetzungen der Atlantischen Mulden gegen den Südpol hin? Diese Frage hängt innig zusammen mit der nach der Ausdehnung des antarktischen Festlandes.«

Das Vorhandensein eines solchen scheint Supan durch die Existenz eines antarktischen Gebietes hohen Luftdruckes erwiesen, ja er schliesst, dass diese Anticyklone sich nicht konzentrisch um den Pol lagere, sondern nach Osten hin verschoben sei, weshalb auch das Festland vorzugsweise der östlichen Halbkugel angehöre. Diese Schlüsse sind freilich äusserst gewagt, und der Meteorologe wird ihnen keineswegs leicht beistimmen. Die westliche Antarktis ist nach Supan's Ansicht vorwiegend Meer, und er meint, dass die Atlantische Furche sich bis in den innersten Kern der Antarktis ausdehne. Schliesslich bespricht er die atlantischen Nebenmeere.

»An pazifische Verhältnisse erinnert das amerikanische Mittelmeer, aber ein wesentlicher Unterschied besteht in der Ausdehnung der Becken und in dem Eingreifen von Grabenbildungen. Von Bedeutung ist der Verlauf der 2000 *m*-Linie. Von Florida senkt sich der Meeresboden nach O in zwei deutlichen Stufen; die erste reicht bis zur 200 *m*-, die zweite bis zur 2000 *m*-Linie, und gerade hier ist der Gefällsbruch scharf markiert. Diese Isobathe ist es auch, die ganz Westindien mit Ausnahme der Bahama-Inseln östlich von der Crooked-Passage und der daran sich schliessenden Bänke mit Nord- und Südamerika verbindet. Im Innern umschliesst sie das ganze Karibische Becken; die ganze Insel- und Bankreihe von Grenada über die Kleinen Antillen, die Jungfern-Inseln, Portorico, Haïti und Jamaica bis Honduras bildet eine zusammenhängende Erhebungszone, die aber wieder einige Einsenkungen umschliesst, unter denen das 4900 *m* tiefe Santa Cruz-Becken im N der gleichnamigen Insel die bedeutendste ist. Der Nordrand dieses Inselbogens ist durch zwei grosse Gräben ausgezeichnet; den Portorico-Graben, als dessen Fortsetzung die tiefe Rinne im N von Haïti zu betrachten ist, und den Cayman-Graben jenseits des Riegels in der Windwärts-Passage. Der erstere zieht nach WNW, der letztere nach WSW; in seiner Fortsetzung liegt das Grundgebirge von Guatemala, das sich dann wieder in einem flachen Bogen nach WNW wendet. Jenseits des Cayman-Rückens, der von der Misteriosa-Bank an in eine niedere Schwelle übergeht, folgen zwei Becken: das Yukatanische Tief- und das Mexikanische Hochbecken. Es würde zu weit führen, die übrigen Meere ebenso ausführlich zu besprechen; zudem stehen sie mit dem Ozean nur in loser Verbindung. Je reicher die oberseeische, desto komplizierter ist die unterseeische Gliederung. Von der Hudson-Bai wissen wir wenig, aber wahrscheinlich ist es ein einfaches Becken. Dagegen lassen sich in der Ostsee schon drei Becken unterscheiden, die durch die Inselrücken von Åland und der Quarken getrennt sind: das baltische mit der finnischen Bucht, das südbottnische und das nordbottnische. Ungleich mannigfaltiger ist die Gliederung im Mittelländischen Meere, aber doch nicht so mannigfaltig, wie sie auf den ersten Blick erscheint. In der Westhälfte unterliegt die Zweiteilung in ein Balearen- und ein Tyrrhenisches Becken keinem Zweifel, in der Osthälfte, die ich durch die Strasse von Otranto, Griechenland, Kreta, Rhodos, Kleinasien, Syrien, Ägypten, Tripolis und den Sizilianischen Rücken begrenze, zeigen uns dagegen die schönen Karten der österreichischen »Pola«-Expedition nicht weniger als neun Einsenkungen. Orographisch sind sie aber trotzdem eine Einheit, die ich die Orientalische Mulde nenne. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Tiefenkarte in Profile übersetzt; der Boden der Mulde erscheint dann sofort in seiner wahren Gestalt, als Flachgrund mit kaum merklichen Terrainwellen. Dagegen kann das Adriatische Meer wohl als eine selbstständige Mulde aufgefasst werden, nicht als eine Bucht, denn in

der Strasse von Otranto ist ein deutlicher, wenn auch nicht hoher Riegel vorhanden. Dass der Boden des Ägäischen Meeres einen sehr wechselvollen Bau besitzt, liess sich schon aus dem Ineinandergreifen verschiedener tektonischer Linien, das die Anordnung der Inseln bedingt, erraten. Drei Einsenkungen treten besonders hervor: die Kretensische Mulde am Südrand, das Becken von Samos und die Nordsporaden-Mulde, die sich vom Golf von Saros nach SW bis zur Insel Skiantho erstreckt und bei genauerer Untersuchung vielleicht als Graben herausstellen wird. Nach O reihen sich daran das Marmara- und das Pontische Becken.

Entwickelungsgeschichtlich steht mit dem östlichen Mittelmeere auch das Rote Meer in Verbindung, und nicht ohne innern Grund hat die »Pola« ihre Forschungen auch auf dieses Gebiet ausgedehnt. Leider liegt noch keine abschliessende Karte vor; aber wenn sie auch unzweifelhaft viele neue Einzelheiten bringen wird, so dürfte sich doch unsere bisherige Anschauung von der Einheitlichkeit der Erythräischen Mulde im wesentlichen als zutreffend erweisen.«

Gesteinsproben vom Boden des Atlantischen Ozeans [1]). Beim Aufnehmen eines Telegraphenkabels im Atlantischen Ozeane wurden Baggerungen in etwa 3100 *m* Tiefe gemacht und dabei in ungefähr 47^{0} nördl. Br. und 29^{0} 40′ westl. L. von Paris aus der Tiefe einige Gesteinssplitter vom Boden heraufgeholt, welche P. Termier zur petrographischen Untersuchung übergeben wurden. Diese hat interessante Resultate geliefert, obwohl die Menge zu klein war, um eine vollständige chemische Analyse ihrer Zusammensetzung zu gestatten. Die Dichte ist bei 20^{0} C. gleich 2.784, das Aussehen ist das eines Obsidians, doch ist die Undurchsichtigkeit vollkommener und der Bruch weniger glänzend. Unter dem Mikroskop erkennt man ein isotropes, hellbraunes Glas, welches kleine Olivinkrystalle und schwarze Trichiten in Paketen enthält; um die Krystalle und Trichiten ist das Glas dunkler und doppelbrechend. Diese Eigentümlichkeiten entsprechen denen eines Tachylyts, d. h. eines basaltischen Glases, dessen grosse Dichte und Reichtum an Olivinkrystallen auf eine starke Basizität hinweisen. Die Thatsache nun, dass der Boden des Atlantik auf einer Linie von den Azoren nach Island, die von erstern etwa 500 Meilen entfernt ist, aus eruptivem Gesteine besteht, ist bereits interessant; noch mehr aber der Umstand, dass die fraglichen Gesteine Gläser sind, die aus der Tiefe von etwa 3000 *m* stammen.

Über die vertikale Temperaturverteilung im Schwarzen und Kaspischen Meere verbreitete sich W. Köppen [2]). »Bekanntlich zeigen schwach salzhaltige Binnenmeere, die mit salzreichen Meeren in Verbindung stehen, wie die Ostsee und das Schwarze Meer, eine Zunahme des Salzgehaltes mit der Tiefe und im Zusammenhange damit im Sommer eine ganz eigentümliche Verteilung

[1]) Compt. rend. **128.** p. 849.
[2]) Annalen der Hydrographie **1899.** p. 468.

der Temperatur: von der warmen Oberfläche nimmt dieselbe rasch ab, bis sie in einer gewissen Tiefe ihren geringsten Wert erreicht, um dann im salzreichen Wasser der grössern Tiefen wieder etwas zuzunehmen. Offenbar findet zwischen dem dichtern, aus der Nordsee, bezw. dem Mittelmeere stammenden Tiefenwasser und den obern, von den Flüssen ausgesüssten Wassermassen so gut wie kein Massenaustausch statt; die im Winter an der Oberfläche erkalteten Massen sinken wegen ihres geringen Salzgehaltes nicht bis zum Grunde, sondern bilden eben jene kalte Mittelschicht, die im Sommer beobachtet wird. Im Winter nimmt die Temperatur aufwärts bis zur Oberfläche ab. Diese Stagnation des Tiefenwassers hat eine mangelhafte Lüftung desselben, eine Armut an Sauerstoff zur Folge, als deren auffälligste Folge die Anreicherung dieser Schichten mit Schwefelwasserstoff im Schwarzen Meere anzusehen ist. In der Ostsee zeigt sich in der Tiefe zwar kein Schwefelwasserstoff, aber viel Kohlensäure.

Hat das brackische Binnenmeer keine Verbindung mit einem salzreichern Nachbarmeere, so fehlt die Ursache für die Bildung einer solchen dichtern, stagnierenden Schicht in der Tiefe. Dieser Fall liegt beim Kaspischen Meere vor. Denn das Karaboghas-Becken ist zwar mit Glaubersalz fast gesättigt, seine Verbindung mit dem Kaspischen Meere ist aber, abgesehen von ihrer Enge, so flach, dass eine erhebliche Rückströmung des im Becken durch Verdunstung verdichteten Wassers ins Kaspische Meer nicht stattfindet, und nur das brackische Wasser des letztern dieser gewaltigen Verdampfungspfanne zustrebt, um dort zu verdunsten.

Dieser Unterschied zeigt sich deutlich in einer kleinen Tabelle, in der J. Spindler auf Seite 208 der »Izvestiya« der K. Russ. Geogr. Ges. für 1898 seine Messungen im Schwarzen und Kaspischen Meere einander gegenüberstellt. Diejenigen im Kaspischen Meere wurden Anfang Juli 1897 60 Seemeilen von Baku angestellt, die vom Schwarzen Meere sind Mittel für dieselbe Jahreszeit.

Zum Vergleich mögen ihnen die ungefähren Temperaturen für die gleichen Tiefen der Ostsee östlich von Gotland vom Sommer gegenübergestellt sein[1]). In etwa 100 *m* Tiefe hat sich hier noch höhere Temperatur, etwa 4° C., gezeigt.

Tiefe		Kaspisches Meer			Schwarzes Meer			Ostsee
Faden	*m*	Temper. ° C.	Salzgehalt %		Temper. ° C.	Salzgehalt %		Temper. ° C.
0	0	22.7	1.40	Kein Schwefelwasserstoff gefunden	23.2	1.78		15.2
5	9	22.6	—		21.6	1.79		15.1
10	18	22.1	—		16.2	1.81		10.5
15	27	16.2	—		10.7	1.81		4.6
25	46	11.8	—		7.4	1.83		3.2
35	64	9.9	—		7.2	1.90		2.2
100	183	6.5	1.41		8.8	2.12	Schwefelwasserstoff im Wasser	3.2
200	366	6.1	1.41		8.9	2.20		
300	549	6.0	1.44		9.0	2.24		
400	732	6.0	—		9.0	—		

[1]) Krümmel. Petermann's Mitt. 1895.

Über Salzgehalt und Temperatur des Pazifischen Ozeans verbreitete sich A. Lindenkohl[1]). Bezüglich des Behring-Meeres findet er auf Grund der Beobachtungen des »Albatross« (1890 und 1895) eine ununterbrochene Zunahme der Dichte von der Oberfläche mit 1.0241 bis zur Tiefe von 1830 *m* (1000 Faden) mit 1.0257; nach einer einzelnen Beobachtung setzt sich diese Zunahme fort bis zum Meeresboden, wo bei 3654 *m* (1998 Faden) 1.0261 erreicht wurde. Aus dieser Verteilung der Dichte schliesst er auf Ursachen, welche eine Verminderung des Salzgehaltes an der Oberfläche anstreben, und auf solche, die dadurch, dass sie die tiefern Schichten fortwährend mit frischem Salze versehen, eine faktische Verminderung des Salzgehaltes verhüten. Er erkennt in einem reichlichen Niederschlag und dem Zuflusse frischen Flusswassers, namentlich vom Yukon, die Ursache einer fortwährenden Abnahme des Salzgehaltes der Oberfläche. Die Zufuhr von Salz nach den tiefern Schichten kann nur von solchen Gebieten erfolgen, die über einen grössern Salzgehalt, als das Behring-Meer besitzt, zu verfügen haben. Von benachbarten Meeresteilen entspricht nur der nordwestliche Teil des Grossen Ozeans dieser Bedingung, und Lindenkohl findet sich deshalb berechtigt, eine von dort kommende Tiefenströmung mit nordöstlicher Richtung nach dem Behring-Meer anzunehmen.

Die Temperaturbeobachtungen zeigen eine rasche Abnahme von der Oberfläche bis zu 100 *m*, hierauf folgt eine Zunahme bis zu 400 *m*. Zwischen 400 und 800 *m* herrscht eine fast gleichförmige Temperatur, und von da an findet eine beständige langsame Abnahme statt bis zu 1.5° in 2129 *m* (1664 Faden). Die mit der Tiefe und bis zum Meeresboden abnehmenden Temperaturen beweisen, dass wir es hier nicht mit einem abgeschlossenen Becken wie beim Golf von Mexiko zu thun haben, in dem, nachdem bei einer gewissen Tiefe eine bestimmte niedrige Temperatur erreicht worden ist, keine fernere Abnahme nach der Tiefe stattfindet. Die Thatsache, dass zwischen 150 und 400 *m* eine Erhöhung der Temperatur (wenn auch nur eine unbedeutende) stattfindet, und die zu einer Jahreszeit (Mitte Sommer), in der die Oberflächenwärme nahezu ihr Maximum erreicht, lehrt, dass der Wärmevorrat in den grössern Tiefen nicht von der Oberfläche bezogen worden ist, sondern durch die vorerwähnte Tiefenströmung aus dem Nordwestpazifischen Ozean eingeführt wird.

Das Ochotskische Meer bildet eine muldenförmige Vertiefung, welche sich längs und parallel mit der Kurilenkette hinzieht, mit einer Steilwand an diese sich anlehnend und mit einer sanftern Böschung nach W zu gegen die Sachalin-Insel ansteigend. Die grösste Tiefe fand Moser in 47° 80′ nördl. Br. und 149° 42′ mit 3370 *m*.

---

[1]) Petermann's Mitt. 1899. p. 4.

In einem vom Verf. gegebenen Profile gewahrt man bis zur Entfernung von etwa 120 Seemeilen von Sachalin, dass das Wasser von 50 bis über 200 *m* Tiefe eine Temperatur unter 0° besitzt, die nach der Oberfläche zu bis auf 9—12° steigt, zugleich aber auch, dass dieses kalte Wasser viel dichter ist als das darüberliegende warme. Diese Zustände sind gegen die gewöhnliche Erfahrung, wonach höhere Temperatur mit grösserem Salzgehalte Hand in Hand geht, und bedürfen einer Erklärung. Während des hier äusserst strengen Winters ist das ganze Meer mit einer Eiskruste bedeckt, die Eisbildung findet aber nicht eher statt, als bis die Temperatur der Oberfläche unter —1.7° gesunken ist, und dies bedingt eine Erniedrigung der ganzen obern etwa 200 *m* mächtigen Wasserschicht unter 0°. Beim Gefrieren behält das Eis nur einen Teil des Salzes, das andere wird ausgeschieden und bewirkt eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes des Wassers unter der Eiskruste. Beim Schmelzen des Eises im Sommer wird das an und für sich schon salzarme Oberflächenwasser noch mehr verdünnt durch das Wasser benachbarter Flüsse und Bäche, namentlich aber (nach Makarow) durch das Wasser des Amur, das um die nördliche Spitze von Sachalin herum seinen Weg längs der Ostküste dieser Insel nimmt. Die geringe Tiefe des warmen Wassers im Sommer kann Verf. nur dadurch erklären, dass wegen des geringen Salzgehaltes kein Sinken des Oberflächenwassers bei Verdunstung stattfindet, und dass ausserdem die Abwesenheit von Strömungen eine Mischung der Schichten verhindert.

In den grössern Tiefen fand Makarow bei 600 und 800 *m* eine Temperatur von 2.4°, und Moser in allen grossen Tiefen (mit einer oder zwei Ausnahmen) konstant 2.2°. Es entspricht diese Temperatur im offenen Ozeane einer Tiefe von 1500—1800 *m*, und deshalb nimmt Verf. an, dass keine der Strassen zwischen den Kurilen diese Tiefe überschreitet. Die Dichte hat Makarow bis zu 800 *m* Tiefe gemessen und konstante Zunahme mit der Tiefe bis 1.02254 gefunden, so dass auch hier wie beim Behring-Meer Wärme und Salz in den tiefern Schichten notwendigerweise von einer seitlichen Richtung und nicht von oben nach unten eingeführt worden sind.

Makarow, dem sich der Verf. anschliesst, ist der Meinung, dass das Ochotskische Meer seinen Vorrat von Wärme und Salz aus dem Japanischen Meere bezieht, dass die warme Strömung aus diesem Meere nach O ablenkt, dass ferner das warme und salzhaltige Wasser, nachdem es die La Pérouse-Strasse passiert hat, sich zu senken beginnt und schliesslich alle tiefern Räume dieses Meeres ausfüllt. Die Tiefe der La Pérouse-Strasse beträgt nur 64 *m*, die der Strassen zwischen den Kurilen ist unbekannt, mit Ausnahme der Amphitrite, die Makarow zu 430 *m* angiebt; man kann sie nach dem, was wir aus der Betrachtung der Temperaturen gewonnen haben, auf höchstens 1500 *m* schätzen. Es stehen demnach der Alimentation des Ochotskischen Meeres durch den Grossen Ozean viel weniger Schwierigkeiten in dem Wege, als der durch das Japa-

nische Meer; dass sie aber trotzdem nicht stattfindet, schreibt Verf. lediglich dem Umstande zu, dass nur ein geringer Unterschied zwischen der physikalischen Beschaffenheit des Wassers des Ochotskischen Meeres und dem des anstossenden Grossen Ozeans besteht.

Alle Temperaturbeobachtungen im Grossen Ozeane in der Nähe der Kurilen und Kamtschatkas weisen in der Tiefe von etwa 100 *m* ein Minimum auf, das in der Breite von 49° 41′ + 0.2° und in der Höhe der Behring-Insel — 0.7° beträgt, was darauf hindeutet, dass keine warmen Strömungen diese Küsten berühren.

Ein vom Verf. gegebenes Diagramm giebt einen Durchschnitt des Pazifischen Ozeanes zwischen den Breiten von 20° 38′ nördl. und 13° 28′ südl. in der Richtung eines Meridians etwas östlich von den Hawaiischen Inseln nach den Beobachtungen der »Challenger« im August und September 1875. »Wie es im allgemeinen der Fall ist, so zeigt auch in diesem Profile der Südpazifische Ozean eine grössere Oberflächendichte als der Nordpazifische. Diese Erscheinung findet eine hinlängliche Erklärung darin, dass sich kein einziger Strom von Bedeutung in den südlichen Teil ergiesst. In dem Durchschnitte erreicht die Dichte des Südpazifischen Ozeanes ihr Maximum von 1.0276 in 20° südl. Br., etwa in der der Gesellschafts-Inseln, während sie in der Nordhälfte, in der Breite von 30°, etwa 9° nördlich von den Hawaiischen Inseln nur 1.0266 beträgt. Weiter nach W fand Moser 1896 in ungefähr 28° nördl. Br. und 166—168° östl. L. eine Dichte von 1.0271, und Makarow 1887 in 23° 50′ nördl. Br. und 163° 16′ östl. L. eine solche von 1.0276, also dem südpazifischen Maximum gleichkommend. Im allgemeinen findet man eine Abnahme der Dichte mit der Tiefe bis zu 300 Faden (550 *m*), wo 1.0254 bis 1.0257 gefunden wird; hierauf folgt eine Zunahme bis zu 1.0259 am Meeresboden. Diese Tiefe von 300 Faden bezeichnet ungefähr die Grenze, bis zu welcher Salz und Wärme in die Tiefe befördert werden als direkte Folge der Verdunstung an der Oberfläche. Es giebt aber noch eine andere Ursache, welche das Wasser des Ozeanes in vertikale Bewegung versetzt und dadurch Salz und Wärme in solchen Gebieten verbreitet, die von der direkten Wirkung der Verdunstung unberührt bleiben. Zwei Wassermassen von verschiedenem Salzgehalte halten sich nur dann das Gleichgewicht, wenn die salzreichere eine höhere Temperatur besitzt. Wenn nun zwei solche Massen in Berührung kommen, und eine Ausgleichung von Salzgehalt und Temperatur ins Werk gesetzt wird, so bekundet das wärmere Wasser ein Bestreben zum Sinken, hingegen das kältere eine Neigung emporzusteigen. Weil nun in dem Profile das Wasser des Südpazifischen Ozeanes wesentlich wärmer und salzreicher ist als das des Nordpazifischen, so sollte man sachgemäss irgendwo in der Nähe des Äquators eine Stelle ausfindig machen können, an der das warme südliche Wasser in die Tiefe versinkt und zu gleicher Zeit das kalte nördliche an die Oberfläche getrieben wird. In der That findet man, dass das südpazifische Wasser von der Dichte 1.0259—1.0260,

welches nirgends die Tiefe von 370 *m* erreicht, zu einer solchen von 1500 *m* hinabsinkt, sobald es in die Nähe des Äquators gelangt. Anderseits sehen wir in der Breite von 20° nördl., der Nordgrenze des Äquatorialstromes von der Tiefe von 1500 *m*, Wasser von der Dichte 1.0254 gegen den Äquator hin in schräger Richtung aufsteigen. In der Breite von 3° nördl. nähert es sich mit einer Dichte, die auf 1.0258 gestiegen ist, bis auf 100 *m* der Oberfläche, deren Dichte es bis auf 1.0260 herabdrückt. Das Sinken des dichten Wassers in der Nähe des Äquators hat die Folge, dass am Äquator und bis zu ungefähr 10° nördl. Br. bei allen Tiefen über 300 *m* höhere Temperaturen gefunden werden als weiter nördlich oder südlich, und das Aufsteigen des leichten Wassers ruft ein Minimum der Temperatur von 26° gerade unter dem Äquator hervor.«

Ein zweites Beispiel vom Aufsteigen leichten und kalten Wassers und dem gleichzeitigen Sinken von warmem und schwerem findet sich ebenfalls. Das Aufsteigen beginnt in der Breite von 20° nördl. und mit einer Dichte von 1.0254, aber erst bei einer Tiefe von 800 *m* und einer Temperatur von 4.9° anstatt 2.9°, wie im frühern Falle, und endigt in 10° nördl. Br. an der Südgrenze des Nordäquatorialstromes mit einer Dichte von 1.0250 und einem Minimum der Temperatur der Oberflächenschicht von 0—100 *m* Tiefe. Dieses leichte und kalte Wasser ist an seiner rechten oder südlichen Seite in Berührung mit warmem und dichtem mit einer Oberflächendichte von 1.0260 und Temperatur von 27.3°. Das Sinken beginnt in der Breite von 5° nördl. oder an der Grenze des Äquatorialgegenstromes und kommt zum Stillstand in einer Tiefe von 700 *m* mit einer Temperatur von 5.6° und einer Dichte von 1.0258.

Bei der Erklärung einer vertikalen Zirkulation ist vom Verf. gänzlich von horizontaler Bewegung abstrahiert worden; wir wissen aber, dass das Wasser in verschiedenen Tiefen sich horizontal nach verschiedenen Richtungen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt, und es erklärt dieser Umstand einige Eigentümlichkeiten, die vielleicht als im Widerspruch mit obigen Erklärungen aufgefasst werden möchten. So findet sich in der Breite von 13° 28′ südl. eine Dichte von 1.0264 an der Oberfläche und 1.0270 in 100 Faden (180 *m*). Die Beobachtungen Makarow's zeigen verschiedene ähnliche Beispiele südlich vom Äquator. »Da wir nun annehmen können, dass das infolge von Verdunstung sinkende Wasser an Dichte verliert, weil es mit leichtern Schichten in Berührung kommt, so kann es als erwiesen betrachtet werden, dass das Wasser von 1.0270 Dichte in 100 Faden aus einer höhern Breite stammt, wo die Oberflächendichten grösser sind, und dass es sich während seines Sinkens zu gleicher Zeit in nördlicher Richtung fortbewegt hat. Die geringe Dichte der Oberfläche von 1.0264 mag entweder als eine Folge häufigen Niederschlags angesehen werden oder durch die Annahme erklärt werden, dass wir es hier mit einer Strömung leichten und kalten Wassers aus dem Osten zu thun haben.«

Unterströmungen in der Strasse von Bab-el-Mandeb. Es ist seit langer Zeit bekannt, dass im Bosporus und den Dardanellen, während das Oberflächenwasser stark vom Schwarzen nach dem Mittelmeere hin ausläuft, in gewisser Höhe über dem Meeresboden eine entgegengesetzte Wasserbewegung vor sich geht.

Während wahrscheinlich die vielen grossen Ströme, die dem Schwarzen Meere ihre Wassermassen zuführen, einen Anteil am Zustandekommen des Oberflächenstromes haben, schienen die Umstände, unter welchen der Unterstrom entdeckt wurde, klar darauf hinzuweisen, dass die Oberflächenströmung, welche der im allgemeinen vorherrschende Nordostwind durch die Anhäufung des Wassers im südwestlichen Teile des Schwarzen Meeres verursacht, der Haupturheber dieser Erscheinung sei.

Die in etwas ähnlichen Verhältnisse in der Strasse von Bab-el-Mandeb schienen eine weitere, lange Jahre vergeblich ersehnte Gelegenheit zu bieten, diese interessante Form der ozeanischen Zirkulation zu beobachten.

In dieser Strasse herrscht nahezu ein halbes Jahr mehr oder weniger starker östlicher Wind, der grosse Wassermengen vor sich her in das Rote Meer treibt.

Eine Wiederholung der in den Dardanellen beobachteten Erscheinung in dieser Jahreszeit war hier daher nicht unwahrscheinlich, obwohl die starke Verdunstung an der Oberfläche des Rothen Meeres durch das Einströmen von Wasser durch die Strasse ersetzt werden muss.

Nach einem teilweise erfolglosen Versuche von Usborne Moore (1890) wurde Gedge 1898 von der brittischen Admiralität beauftragt, auf dem Vermessungsschiffe »Stork« und mit dem neuen Tiefsee-Strommesser Pilsburys neue Untersuchungen anzustellen, die von Erfolg gekrönt waren. Folgendes sind die Ergebnisse:[1])

Ein ständiger Oberflächenstrom setzte in das Rote Meer hinein mit einer stündlichen Geschwindigkeit von etwa $1^1/_2$ Seemeile.

In 192 *m* (105 Faden) Tiefe lief ein ständiger Strom mit etwa gleicher Geschwindigkeit aus.

Der Gezeitenstrom hatte etwa $1^1/_4$ Seemeile grösste stündliche Geschwindigkeit und lief nach jeder Richtung ungefähr zwölf Stunden, wie sich dies nicht anders erwarten liess, in einer Gegend mit eintägigen Tiden. Dieser Gezeitenstrom herrscht mit wechselnder Geschwindigkeit bis zum Meeresboden vor.

In einer Tiefe von ungefähr 137 *m* (75 Faden) liegt die Grenzlinie zwischen den beiden ständigen Gegenströmen; zur genauern Feststellung dieser Linie würde eine längere Beobachtungsreihe erforderlich sein.

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1898. p. 520

Die Doppelströmungen in Meeresstrassen. S. Makaroff verbreitete sich[1]) über seine Untersuchungen der Meeresströmungen, welche er in den Strassen Bosporus, Gibraltar, Bab-el-Mandeb, Formosa und La Pérouse angestellt hat. Im Bosporus sowohl als in der Strasse von Gibraltar, wie in der von Bab-el-Mandeb liegen zwei Strömungen übereinander, ein unterer »salzreicher« in der Richtung vom Mittelmeere, bezw. vom Roten Meere hinweg, und ein oberer »salzarmer« in entgegengesetzter Richtung. Anders sind die Verhältnisse in den Strassen von Formosa und La Pérouse; in ihnen trifft man auch zwei Strömungen, aber beide sind oberflächlich. In der Strasse von Formosa ist das spezifische Gewicht und die Temperatur an der chinesischen Küste ganz verschieden von den an der Küste von Formosa beobachteten. Man findet z. B. im Februar an der chinesischen Küste eine Temperatur von 11° und ein spezifisches Gewicht von 1.0240, während bei Formosa 20° und 1.0265 gefunden werden. Hält sich der Seefahrer in diesem Monate auf der Linie von + 15°, so bleibt er in zweckmässiger Entfernung von den gefährlichen Küsten. Die Strömungen in der Strasse von La Pérouse sind viel komplizierter. Ein sehr schmaler, langer Streifen von kaltem Wasser fliesst in der Richtung von NW nach SO, während der Kuro-Siwo sein warmes und salzreiches Wasser zum Teil durch diese Strasse ins Ochotskische Meer entsendet. Bei diesen Untersuchungen erwiesen sich die Temperaturmessungen äusserst wertvoll, und Makaroff betont, dass die seefahrenden Nationen sich zur Erforschung der Oberflächentemperaturen der Meere verbinden möchten, wobei die Verteilung der verschiedenen Meeresabschnitte an die einzelnen Nationen sich von grossem Vorteile zur schnellen Beschaffung eines umfassenden Beobachtungsmaterials erweisen würde.

Ungewöhnlich grosse Meereswogen im Hafen von Sydney. H. C. Russell lenkt die Aufmerksamkeit auf die sogenannten seismischen Meereswogen, die bisweilen jenen Hafen erreichen. Diese Wogen haben dieselbe Wellenperiode, wie die durch Erdbeben verursachten Wellen, nämlich etwa 26 Minuten von einem zum andern Scheitel zweier Wellenberge. Indessen hat sich ergeben, dass nur etwa 1 % dieser Wogen terrestrischen Bewegungen entstammen, während 6 % derselben in der Bass-Strasse entstehen, wenn sich über jenem Teile von Australien eine barometrische Depression befindet. Die Wirkung eines Gebietes niedrigen Luftdruckes geht dahin, das Niveau des Meeres zu erhöhen, und diese Erhebung verursacht, um zustandezukommen, längs der Küste von Süd- und Ostaustralien Meeresströmungen. Dieselben vereinigen sich in der Bass-Strasse und erzeugen dort Wogen, die in ihrer Fortbewegung von den Mareographen zu Sydney und Newcastle registriert werden. Russell hat ferner gezeigt, dass mindestens 10 % der registrierten

[1]) Proceed. Royal Soc. of Edinburgh 1899 22. No. 4.

Wogen ihren Ursprung in der Tasman-See als Wirkungen heftiger Ströme haben, also 70 % der in Sydney registrierten periodischen Wellen meteorologischen Ursachen zuzuschreiben sind. Die übrig bleibenden 30 % entspringen vielleicht denselben Ursachen, doch ist dies nicht nachweisbar[1]).

Die Verdunstung des Meerwassers und des Süsswassers ist von Faidiga am Observatorium zu Triest durch 16 Monate lang (1896—1897) täglich vorgenommene Messungen studiert worden[2]). Zu den Messungen wurden zwei Wild'sche Verdunstungswagen ganz gleicher Konstruktion und Grösse benutzt, die in ein und derselben teilweise aus hölzernen Jalousiewänden gebildeten kleinen Hütte aufgestellt, jeden Tag frisch beschickt, auf Null eingestellt und täglich um 9^h abends abgelesen wurden. Als Süsswasser wurde das aus dem Regenmesser gewonnene Wasser benutzt. Das Meerwasser hatte nach 17 Aräometermessungen einen mittlern Salzgehalt von 37.3 ‰.

Von den Ergebnissen sind die hauptsächlichsten:

Die Verdunstung des Süsswassers übertrifft mit verschwindenden Ausnahmen immer die des Meerwassers.

Die Gesamtverdunstungshöhen in Millimetern während der 16 Monate waren:

	Süsswasser	Meerwasser
	910.6 *mm*	750 9 *mm*
die Verhältnisse	100	82.5
oder	121.3	100

Das Verhältnis der Verdunstung beider ist abhängig von der Verdunstungshöhe. Dies geht aus der folgenden kleinen Tabelle hervor, geordnet nach steigenden Werten der mittlern täglichen Verdunstung des Süsswassers in vier Gruppen zu je vier Monaten. (Millimeter).

Süsswasser	Meerwasser	Differenz	Quotient
1.03	0.78	0.25	1.32
1.60	1.28	0.32	1.25
2.04	1.69	0.35	1.21
2.80	2.40	0.40	1.17

Mit der mittlern Temperatur der Luft nimmt auch die Verdunstung beiderseits zu, aber nicht in gleichem, sondern in steigendem Masse, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

Verdunstungszunahme pro Temperaturgrad.

Temperaturintervall	Süsswasser	Meerwasser
1—5°	0.010	0.010
5—9°	0.018	0.015
9—13°	0.045	0.045
13—17°	0.075	0.065
17—21°	0.128	0.110
21—25°	0.193	0.185
25—29°	0.235	0.232

---

1) Revue scientifiques Nr. 24. 1898.

2) Sitzbr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse 107. Abt. IIa. p. 270. Annalen der Hydrographie 1899. p. 469.

Mit der mittlern Windgeschwindigkeit nimmt auch die Verdunstung beiderseits zu, aber nicht in gleichem, sondern in bald fallendem Masse.

Mit der Zunahme des mittlern Feuchtigkeitsgehaltes der Luft nimmt die Verdunstung beiderseits regelmässig ab.

Das Mittelwasser der Ostsee. Prof. A. Westphal verbreitete sich auf dem Berliner Geographen-Kongresse über das mittlere Niveau der Ostsee[1]). Für diesen Meeresteil liegen ältere Arbeiten zur Bestimmung des Mittelwassers von Hagen und Paschen, neuere, und besonders umfangreiche und wertvolle von Seibt vor. Beschränkten sich die Arbeiten früher auf einzelne Küstenpunkte, so hat in neuester Zeit das K. Pr. Geodätische Institut ein zusammenhängendes Studium an der ganzen Ostseeküste in die Wege geleitet. Gegenwärtig sind acht Flutmesser-Stationen des Institutes in dauernder Thätigkeit, von Westen nach Osten gerechnet in Travemünde, Marienleuchte auf Fehmarn, Wismar, Warnemünde, Arkona auf Rügen, Swinemünde, Pillau und Memel. Auf diesen acht Stationen funktionieren selbstthätige, kontinuierlich registrierende Flutmesser, die sämtlich nach Angabe von Seibt konstruiert sind.

Zu einer vergleichenden Übersicht der Wasserstände und Mittelwasser an allen acht Stationen liegt erst seit kurzem ein völlig einwandfreies Material vor. Immerhin ist aber für die sechs westlichen Stationen, allerdings unter Zuhilfenahme von Ablesungen an Skalenpegeln, eine Vergleichung der Mittelwasser wenigstens von 1882 ab, also für 17 Jahre möglich. Diese Ablesungen bedürfen, um sie mit andern Stationen vergleichbar zu machen, einer Korrektion in Bezug auf den Einfluss der Gezeiten. Die Studien über die Gezeitenerscheinungen in der Ostsee sind noch nicht abgeschlossen, doch sind folgende Zahlenangaben ziemlich gut verbürgt. Die mittlere Mondflutgrösse beträgt in Travemünde 95, in Wismar 90, in Marienleuchte 64, in Arkona 20, in Swinemünde 18 *mm*: die mittlere Sonnenflutgrösse in Travemünde 31, in Marienleuchte 25, in Arkona 11 *mm*. Während nach der Theorie die Mondflut 2.2 mal so gross sein soll als die Sonnenflut, beträgt sie in Travemünde das 3.1 fache, in Marienleuchte das 2.6 fache, in Arkona das 1.8 fache der Sonnenflut. Ihre extremsten Werte erreicht die Sonnenflut in Travemünde mit 68 *mm*, in Marienleuchte mit 62 *mm*.

Das Ergebnis des Mittelwassers an den genannten sechs Stationen aus den Jahren 1882—1898, und bezogen auf den Normalnullpunkt (N. N.) in Berlin ist folgendes:

Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde
— 0.116 *m*	— 0.123 *m*	— 0.121 *m*	— 0.108 *m*
	Arkona	Swinemünde	
	— 0.043 *m*	— 0.064 *m*	

[1]) Potonié's Wochenschrift 1899. No. 47.

Wird alles vorhandene Material berücksichtigt, so erhält man folgende Werte, die aber nicht genau untereinander vergleichbar sind:

Travemünde	Marienleuchte	Wismar	Warnemünde
1855—1898	1882—1898	1849—1898	1856—1898
44 Jahre	17 Jahre	50 Jahre	43 Jahre
— 0.137 *m*	— 0.123 *m*	— 0.122 *m*	— 0.106 *m*

Arkona	Swinemünde	Kolbergermünde
1884—1898	1811—1898	1816—1898
14 Jahre	88 Jahre	81 Jahre
— 0.043 *m*	— 0.065 *m*	— 0.058 *m*

Die frühere Annahme eines Gefälles der Ostsee, das von Memel bis Kiel 30 *cm* betragen sollte, darf jetzt als beseitigt angesehen werden, doch ist immerhin ein Ansteigen des Wasserstandes von Westen nach Osten hin zu bemerken. Als Ursache dieses Ansteigens wird der Einfluss des Überwiegens der Westwinde vermutet.

Dem Einfluss der Winde kann auch vielleicht der Verlauf der Jahreskurven der Mittelwasser zugeschrieben werden, der so regelmässig vor sich geht, dass die Abweichungen der Monatsmittel vom Jahresmittel zur Ergänzung fehlender Beobachtungen benutzt werden können.

Was die Frage der Bewegung der deutschen Ostseeküste betrifft, so spricht sich nach den gegenwärtig vorliegenden Erfahrungen weder eine Hebung noch eine Senkung aus. Freilich erstrecken sich die Beobachtungen noch über einen verhältnismässig kurzen Zeitraum.

Die deutsche Tiefsee-Expedition. Schliesslich muss hier noch der unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Chun ausgeführten deutschen Tiefsee-Expedition gedacht werden, welche auf der »Valdivia« am 1. August 1898 die Elbe verliess und am 29. April 1899 wieder in Hamburg eintraf. Die überaus reichen, teilweise überraschenden Ergebnisse dieses grossen wissenschaftlichen Unternehmens können naturgemäss erst nach Verlauf längerer Zeit, welche die definitive Bearbeitung erfordert, gewürdigt werden. Zunächst handelt es sich nur um vorläufige Ergebnisse, soweit dieselben durch Teilnehmer der Expedition bekannt geworden sind. Was zunächst den Reiseweg der »Valdivia« anbelangt, so ging derselbe von der Elbe nach dem Firth of Forth, den Fär-Öer, östlich Rokall und westlich Irland vorbei nach den Canaren, den Cap-Verden, nach Kamerun, der Congo-Mündung, der grossen Fischbay, der Kapstadt, der Bouvet-Insel, quer durch den südlichen Indischen Ozean in der Richtung auf Enderbyland zu, von dort nach den Kerguelen, den Inseln St. Paul und Neu-Amsterdam, den Cocos-Inseln, längs der Westküste von Sumatra, nach Ceylon, dem Chagos-Archipel, den Seychellen und Amiranten, nach Sansibar, dann nordwärts längs der afrikanischen Ostküste durch das Rote Meer ins Mittelmeer, um Spanien und durch den englischen Kanal wieder nach der Elbe. Berichte über die Ergebnisse der Expedition liegen bis jetzt vor in den Annalen der Hydrographie 1899 und in offizieller Form in der

Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin[1]). Von letzterer Publikation sind hier nur die ozeanographischen Arbeiten aus dem Bericht von Dr. Gerhard Schott hervorzuheben.

Derselbe teilt folgendes mit:

a) Im Bereich des Nordatlantischen Ozeans. 1. Tiefsee-Lotungen dienten hier im wesentlichen als notwendige Vorarbeit für das Versenken der Tiefsee-Dredschen. Es zeigte sich bald, dass selbst da, wo die vortrefflichen englischen »Sounding sheets« eine Menge Lotungen angeben, mit einer die Anforderungen der Tiefsee-Fischerei befriedigenden Genauigkeit die am Schiffsort vorhandene Tiefe aus den Karten nicht entnommen oder abgeschätzt werden kann.

Es war möglich, die Lotungsstellen fast immer dahin zu legen, wo kleinere oder grössere Lücken in unserer Kenntnis vom Relief des Meeresbodens bestanden; es gilt dies besonders vom Golf von Guinea, auf der Route von 0° Br. 9° westl. L. nach Kamerun.

34 Tiefsee-Lotungen wurden ausgeführt.

Die beim Loten gewonnenen Grundproben werden vom Chemiker und vom Bakteriologen der Expedition untersucht und aufbewahrt.

II. Temperatur-Reihen wurden rund zwanzig gewonnen, meist bis zu 100, 1500, auch 2000 *m* Tiefe; dazu kommen die beim Loten erhaltenen Grund-Temperaturen. Wasserproben zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes und Gasgehaltes der tiefern Schichten sind in der Regel der grössten jeweils mit den Thermometern erreichten Tiefenschicht entnommen.

Es wurden auch einzelne, ganz genaue Messungen der Temperatur der allerobersten Wasserschichten bis zu 50 *m* Tiefe vorgenommen, ungefähr in der Weise, wie dies Hensen auf der Plankton-Expedition begonnen hat.

III. Was die Bestimmungen des Salzgehaltes der Meeresoberfläche anlangt, so ordnen sie sich sehr gut der Krümmel'schen Karte (für den Nordatlantischen Ozean) ein; die abnorme Verminderung des Salzgehaltes im Grenzgebiet zwischen dem NO- und SO-Passat wurde deutlich konstatiert. An der Nordgrenze des SW-Monsuns (in etwa 11° nördl. Br.) war der Sprung von 36.2‰ auf 34.0‰ ein plötzlicher, während an der Südgrenze beim Übergange in den Südäquatorialstrom das Ansteigen bis auf 35.4‰ allmählich vor sich ging. Zwischen 35.4 und 35.0‰ hielt sich der Salzgehalt im Golf von Guinea bis unmittelbar vor die Niger-Mündungen, deren süsses Wasser erst am 13. September, 1½ Tage vor Kamerun, dem Aräometer fühlbar wurde, offenbar deshalb, weil die Guinea-Strömung das Flusswasser gleichfalls ostwärts wegführt.

Die aräometrischen Messungen lassen ferner, nach Beobachtungen seitens des Botanikers der Expedition, einen Zusammenhang des absoluten spezifischen Gewichtes des Seewassers mit der äussern Gestaltung der Schwimmvorrichtungen mancher pflanzlichen Planktonformen (Ceratium u. s. w.) deutlich erkennen, doch ist es nicht angebracht, auf diese oder andere Forschungen jetzt schon einzugehen. Die aus den Besteckdifferenzen berechneten Stromversetzungen waren bisher meist sehr gering; es liegt ferner bereits eine Reihe höchst merkwürdiger Beobachtungen über Unterströmungen vor, welche bei Gelegenheit der Tiefseefischerei gemacht wurden, und welche erkennen lassen, dass Ober- und Unterstrom bald in derselben Richtung, aber mit verschiedener Geschwindigkeit, bald in verschiedener, ja geradezu in entgegengesetzter Richtung laufen können.

Die Registrierstreifen der meteorologischen Instrumente für Luftdruck, Feuchtigkeit und Temperatur werden voraussichtlich Anlass zu einigen nicht uninteressanten Fragen geben. Die im Laufe von 24 Stunden auftretende, in den Tropen stets vorhandene doppelte Luftdruckwelle wird

[1]) 34. 1899. No. 2.

vom Barographen vorzüglich wiedergegeben, ihre Amplitude beträgt 2.5 bis 4.0 *mm*. Der Hygrograph verzeichnet, wie in den höhern Breiten, so auch hier in den Tropen ständige, aber kleine Schwankungen der Feuchtigkeit; nach dem Thermographen tritt das Maximum der Lufttemperatur fast ebenso häufig kurze Zeit vor Mittag als nach Mittag (immer wahre Ortszeit gerechnet) ein.

b) Südatlantischer Ozean und Indischer Ozean bis Sumatra. I. Tiefsee-Lotungen. Es konnten im ganzen zwischen Kamerun und Padang 82 Lotungen ausgeführt werden, davon 13 zwischen Kamerun und Kapstadt, 8 auf der Agulhas-Bank und im Agulhas-Strome, 40 zwischen Kapstadt — Bouvet — der Eisgrenze — und Kerguelen sowie 21 zwischen Kerguelen und Padang.

a) Unter den im Südatlantischen Ozeane gewonnenen Lotzahlen sind diejenigen vom 17. und 18. Oktober in beiläufig 25° südl. Br. und 6° östl. L. (Stat. No. 83, 84, 85) besonders interessant. Wir mussten wenigstens 4000 *m* Wasser unter uns erwarten, das Vertikalnetz ward mit 1500 *m* Seil ausgegeben und kam herauf, voll von feinem Foraminiferen-Sand, hatte also zweifellos den Grund berührt. Daraufhin angestellte Lotungen ergaben nun in der That nur 980, bezw. 936 *m* Tiefe, worauf mit der Dredsche noch mehr Grundproben, sowie ein Stück Bimsstein und eine ungemein reiche Tierwelt heraufgebracht wurde. Die Entdeckung dieser mindestens acht Seemeilen langen Untiefe ist besonders lehrreich in Verbindung mit den Verseichtungen, welche das U. St. S. »Enterprise« fünf Breitengrade südlicher gefunden hat; man sieht, man ist nirgends vor derartigen Überraschungen sicher.

b) Die fünf Lotungen auf Stat. No. 110, 111, 112, 115 und 117 gestatten, da sie ganz systematisch in einer Peilung (NNO bis SSW) angelegt sind, die Böschungsverhältnisse von der Westseite der Agulhas-Bank bis zur Tiefsee von rund 5000 *m* zu verfolgen.

c) Die Lotungen zwischen Kapstadt — Bouvet — Kerguelen bedeuten die Entdeckung eines ausserordentlich tiefen, wohl 6000 *m* stellenweise erreichenden und mindestens über 60 Längengrade ausgedehnten antarktischen Ozeans in einer Meeresgegend, welche man bisher — allerdings ohne Grundlagen in Messungen zu haben — für relativ seicht, nämlich 1000 bis 2000 bis 3000 *m* tief anzunehmen geneigt war.

Unsere bisherigen Tiefenkarten geben fast alle der Vermutung eines antarktischen submarinen Plateaus Raum (siehe z. B. Seewarte, Atlas des Indischen Ozeans, Tafel I, und Peterm. Mitt. 1889, Tafel 10 u. s. w.). Diese Vorstellung dürfte durch die Messungen der »Valdivia« für den östlichen Südatlantischen Ozean und den Indischen Ozean beseitigt sein. In ähnlicher Weise, wie nach dem Nordpole hin ein tiefes Meer konstatiert ist, ist auch nach dem Südpole zu ein sehr tiefes ausgedehntes Becken vorhanden; es ist möglich, dass seine grösste Einsenkung in etwa 60° südl. Br. und 30° östl. L. zu suchen ist.

Unsere Messungen ergaben zwischen 56° und 60° südl. Br. und den Meridianen von Bouvet und Enderby-Land durchschnittlich 5500 *m* (= 3000 englische Faden), nördlich davon und auch in der Nähe von Enderby-Land etwas weniger, etwa 4700 *m*. Zwischen der Bouvet-Insel und dem Kaplande ist ebenfalls ein tiefes Meer, desgleichen reicht bis ganz nahe an das zwischen Kerguelen und Heard-Insel vom »Challenger« gefundene Plateau die Tiefsee mit 4000 *m* und darüber. In der Bouvet-Region ist das unterseeische Relief wirr, doch kann Verf. jetzt darauf nicht näher eingehen.

Unter dem ausdrücklichen Vorbehalte, vielleicht einem Irrtume verfallen zu sein, möchte Berichterstatter auf Grund des an Bord nur in beschränktem Umfange vorhandenen Kartenmaterials bemerken, dass für das Verständnis der Tiefenverhältnisse des antarktischen Meeres vor der Reise der »Valdivia« nur höchstens 15 Tiefenzahlen zur Verfügung standen, wobei nur die

Lotungen berücksichtigt sind, welche südlich von 50° südl. Br. liegen und bis zum Meeresgrunde durchgeführt sind, und wobei einige fünf bis sechs Lotzahlen der »Enterprise« vor der Magellan-Strasse, die nicht zum antarktischen Gebiete gerechnet werden können, sowie einige Messungen auf flachem Wasser (unter 200 *m*) dicht unter Land weggelassen sind.

Die »Valdivia« hat südlich von 50° südl. Br. 29 ozeanische Tiefen gemessen und zwischen Kapstadt und St. Paul — Neu-Amsterdam 51 Lotungen ausgeführt.

Was die Bodentemperaturen anlangt, so seien hier nur folgende Zahlen zusammengestellt. Wir haben für eine Bodentiefe von rund 5000 *m* gefunden:

unter dem Äquator	+ 1.7° C.	Atlantisches Gebiet.
unter dem südlichem Wendekreise	+ 1.0° »	
zwischen Kap und Bouvet . . .	+ 0.4° »	
zwischen 55° und 64° südl. Br. .	— 0.4° »	(Oberfläche hier: — 1.5° C.).

Diese Zahlen dürften zuverlässig sein, da manchmal zwei Thermometer gleichzeitig angebunden und im hohen Süden nur Umkehr-Thermometer verwendet wurden.

d) Die Lotungen zwischen Kerguelen und Padang führen recht durch den tropischen Indischen Ozean und speziell durch das tiefe östliche Becken desselben. Es wurde von Neu-Amsterdam aus der Kurs so gewählt, dass die Lotungen ungefähr mitten zwischen den Lotreihen der »Gazelle« und der »Egeria« liegen; es hat sich dabei ergeben, dass das über 5000 *m* tiefe Gebiet, die sogenannte australindische Tiefe, nicht so weit nach Südwesten reicht, als man annahm; ja, wir haben da, wo man bisher die 4000 *m*-Linie zeichnete, auf unserem Kurse am 9. Januar in 30° südl. Br. und 88° östl. L. gar nur 2068 *m* (Stat. 172) gemessen. Mit 5911 *m* Tiefe in 18° 18′ südl. Br. und 96° 20′ östl. L. erreichten wir die bisher während des ganzen Verlaufes der Expedition grösste von uns gemessene Tiefe.

In den 4000 bis 5000 *m* grossen Tiefen dieses Ozeanteiles war die Bodentemperatur durchweg sehr gleichmässig, und zwar vergleichsweise hoch, nämlich 1.1 bis 1.3° C.

e) Was schliesslich die auf der ganzen Fahrstrecke von Kamerun bis Padang mit der Lotröhre heraufgebrachten Grundproben anlangt, so wurden fast ausschliesslich die von unserem am 14. Januar leider verstorbenen Expeditionsarzt Dr. med. Bachmann für bakteriologische Zwecke konstruierten Röhren verwendet, welche, 1 bis 2 *cm* weit, aber verschieden lang, ein kleines Profil des Meeresgrundes heraufbefördern. Das von der Seewarte entliehene englische Schnapplot hat sich nicht bewährt. — Die Bodenproben werden natürlich später genau untersucht werden; hier genügt es zu sagen, dass das Gebiet der für die südpolaren Gewässer charakteristischen Diatomeen-Erde von den Bouvet-Inseln bis dicht vor Kerguelen längs unserer Route vorhanden ist, dass im übrigen Globigerinen-Sand am häufigsten war, zumal im Südatlantischen Ozeane, wo aber von den Niger-Mündungen bis zum Kongo ein ganz abscheulicher, blauschwarzer, sehr schmieriger und weicher Schlamm konstatiert wurde.

Roter Thon fand sich im Indischen Ozeane von 28° südl. Br. bis 15° südl. Br.; 4 Seemeilen im Westen von den Cocos-Inseln bildete weisser Globigerinen-Sand die Grundprobe (17. Januar) in 2154 *m* Tiefe.

2. Tiefentemperaturen. Es sind von Kamerun bis Padang im ganzen 26 Temperaturreihen gewonnen worden, davon:

10 zwischen Kamerun und Kapstadt,
3 auf der Agulhas-Bank und im Agulhas-Strome,
6 zwischen Kapstadt — Bouvet — Eiskante — Kerguelen,
7 zwischen Kerguelen und Padang.

Aus diesen Reihen ist eine Auswahl in der beifolgenden Tabelle gegeben. Es wird hierzu folgendes bemerkt:

Temperaturreiben. ° C.

Tiefe in *m*	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
	Stat. 63	Stat. 73/74	Stat. 82	Stat. 90	Stat. 102	Stat. 116	Stat. 120	Stat. 135	Kombin. Statt. 149/152/153	Stat. 168/170	Stat. 179/180
	26.9.98	7/8.10.98	15.10.98	25.10.98	1.11.98	14.11.98	18.11.98	2.12.98	16/18.12.98	5/7.1.99	16/17.1.99
	2°N.	10° S.	22°S.	33°S.	35°S.	37°S.	42°S.	57°S.	63° S.	34° S.	14° S.
	8° O.	10° O.	7° O.	16° O.	26° O.	18° O.	14° O.	14° O.	54° O.	81° O.	96° O.
	Benguela-Strom unter verschiedenen Breiten				Agulhas-Strom	Westwindtrift warme Zone	Westwindtrift kalte Zone	an der Eiskante bei den Bouvet	an der Eiskante vor Enderby-Land	Südl. Stillen-Gürtel	Indisch. SO-Passat
0	24.8	22.5	17.0	16.2	21.5	15.6	7.8	−1.5	−1.0 = 33.7	19.6	27.4
10									−1.1 ‰		
20					21.5				−1.2 Salz-	19.2	
40									−1.2 geh.		
50	22.7	15.0	16.5	15.3	20.8			−1.6	−1.4	17.0	27.1
60									−1.4		
80									−1.7	15.1	
100	15.4	14.5	15.0	13.6	19.3	14.6	7.6	−1.5	−1.1	14.7	25.1
110									−0.5		
120									−0.3		
125								−0.6			
130									+0.6		
140									+0.8		
150								−0.5	+0.8 = 34.0		
175								+0.2	‰		
200	14.1	13.1	12.9	12.2	14.8		6.7	+0.5	+1.4	13.2	20.8
250						13.4					
300					12.8				+1.7	12.5	13.2
350									+1.7		
400	9.5	8.5	8.3	9.0	13.1		5.5	+0.6	+1.6 = 34.4	11.7	
500						9.5			‰		9.2
600	8.1	5.9	6.5	6.6	9.6		3.4		+1.2	10.7	
800	5.8	5.0	5.8	5.0	9.2		3.3	+0.8	+1.5	7.7	6.7
1000	4.7	4.7	3.7	3.0	9.2	4.6	2.8	+0.8	+1.6 = 34.5	4.9	5.5
1500		3.8			7.1	2.7		+0.1	+1.6 = 34.6	3.1	3.3
2000									+0.6 ‰		
2750									−0.3 Salz-		
4000								−0.2	geh.		
5000								−0.5			
Boden i. Tiefe *m*	2492			3202	1930	4170	St. 118 2600 mit 1.8° und 4600 mit 0,4°		4600	2414	5834
Temp. das.	2.6			2.2	3.9	0.7			−0.5	2.1	1.3

a) In den vier Reihen zwischen 2° nördl. Br., 8° östl. L. und 33° südl. Br., 16° östl. L., die sämtlich dem Gebiete des Benguela-Stromes zugehören (Reihe I—IV), erkennen wir schon von 100, noch mehr von 200 *m* Tiefe an eine ausserordentliche Gleichheit der Temperaturen. (Die vorhandenen geringen Differenzen sind teils faktische, teils durch eine noch nicht an diesen provisorischen Zahlen angebrachte Korrektion für Neigungswinkel des Drahtseils voraussichtlich zu beseitigen.) Wir haben also in dem ganzen tiefen Becken des östlichen Südatlantischen Ozeanes — von der oberflächlichsten Schicht abgesehen — in gleichen Tiefen ungefähr gleiche Temperatur, was nur möglich ist, wenn das Wasser in vergleichsweise starker Vorwärtsbewegung ist, und was einen guten Beweis für die unterseeische, vom Südpole herzuleitende Strömung abgiebt, deren wir aus manchen ozeanographischen Gründen bedürfen.

b) Die Zahlen der Reihe V in 35° südl. Br. und 26° östl. L. kann Referent noch nicht als durchaus richtig verbürgen; in dem Agulhas-Strome trieb das Drahtseil sehr stark ab, und es müssen an der Hand von Lotungsergebnissen die Zahlen später noch geprüft werden; es scheint in der That eine kolossale Erwärmung bis tief nach unten hin vorhanden zu sein, andere Faktoren sprechen aber dagegen.

c) Die zwei Reihen VI und VII in 37° südl. Br., 18° östl. L. und in 42° südl. Br., 14° östl. L. gehören dem sogenannten Mischgebiete der Westwindtrift an, d. h. jener Gegend, in der die letzten Ausläufer des Agulhas-Stromes sich mischen mit dem weit nordwärts gedrungenen Oberflächenwasser der antarktischen Trift.

d) Weitaus am interessantesten sind die Reihen VIII und IX in 57° südl. Br., 14° östl. L. und in 63° südl. Br., 54° östl. L; sie geben ein Bild polarer Temperaturschichtung. Wir haben erstens oben sehr kaltes Wasser (unter 0° C.), das Schmelzwasser des Eises, dann folgt eine Schicht warmen Wassers (über 0° C.), und schliesslich wieder nach dem Grunde zu Temperaturen unter 0°, aber nicht den Beträgen an der Oberfläche gleichkommende. Wir haben zweitens im Westen, bei der Bouvet-Insel, durchweg viel niedrigere Temperaturen als im östlichen Teile unserer Eisfahrt, im Meridiane von Enderby-Land, zum Beweis auch für die oben angeführte Behauptung, dass die Bouvet-Gegend trotz ihrer vergleichsweise niedrigen Breite rein antarktischen Charakter in höchstem Masse zeigt.

Die Bedeutung dieser Verhältnisse liegt auf der Hand; das Vorhandensein einer über 2000 *m* mächtigen Schicht warmen Wassers ist in physikalischer Hinsicht eine ausserordentliche Erscheinung, zumal, wenn man auf 64° südl. Br. noch in 1500 *m* + 1.6° C. u. s. w. findet. Die grossen Eisberge tauchen alle in diese Schicht mit Temperaturen über 0° hinein; für die Erklärung der Befunde mancher Planktonzüge und Schliessnetzfänge dürften diese Temperaturverhältnisse wichtige Aufschlüsse liefern.

Der grössere Salzgehalt in der warmen Schicht macht es erklärlich, dass diese Temperaturverteilung (ohne vertikale Strömungen, welche einen Ausgleich herbeiführen würden) stationär bleiben kann.

Das bekannte, im Süden von Kerguelen nach der Eiskante zu vom »Challenger« beobachtete Temperaturprofil haben wir nicht gefunden, offenbar, weil die »Valdivia« nicht östlich genug gewesen ist; generell betrachtet, liegt es aber auch in den beiden eben besprochenen Temperaturreihen angedeutet vor, indem wir in 50, bezw. 80 *m* Tiefe auch im Vergleiche zur Oberflächentemperatur ein leichtes Minimum der Temperatur finden, und die Befunde des »Challenger« reihen sich vielleicht gut in die von Westen nach Osten entlang der Eiskante zunehmende Erwärmung aller Schichten ein, doch bedarf dies genauerer Untersuchung.

e) Die Temperaturreihen No. X und XI in 34° südl. Br., 81° östl. L. und 14° südl. Br., 96° östl. L. endlich gehören dem zentralen Indischen Ozeane an, und zwar giebt die erste dieser Reihen die vertikale Temperaturverteilung für das Stillengebiet der südhemisphärischen Ross-Breiten,

d. h. für die Gegend, von welcher aus der Südostpassat bei hohem Luftdrucke seinen Ausgang nimmt, und in welcher man (ähnlich wie bei den Azoren in den nordhemisphärischen Ross-Breiten) vergleichsweise starke Erwärmung bis 1000 *m* Tiefe hin, bei Stromstille an der Oberfläche, erwarten kann. Wer diese Reihe mit der auf gleicher Breite im Benguela-Strome (Reihe IV, 33° südl. Br., 16° östl. L.) gemessenen Reihe vergleicht, wird durchweg höhere Zahlen für das indische Gebiet finden.

Recht wertvoll scheint Reihe No. XI zu sein, welche die indische Südäquatorialströmung im Gebiete des frischesten Südostpassates repräsentiert und, verglichen mit den entsprechenden südatlantischen Verhältnissen, wiederum die grosse Durchwärmung der oberen 1000 *m* im Indischen Ozeane beweist, zugleich auch eine scharf ausgeprägte Sprungschicht zwischen 200 und 300 *m* Tiefe erkennen lässt. Man sieht auch hieraus wieder, dass die durch die Tropensonne hervorgerufene Erwärmung sich nur auf eine vergleichsweise sehr dünne, ganz oberflächliche Schicht von etwa 200 *m* erstreckt, wenigstens, wenn man Temperaturen von 20° und darüber erwartet. In 500 *m* Tiefe ist die Ähnlichkeit mit den Temperaturverhältnissen der gemässigten Zone stellenweise schon eine fast vollkommene.

3. Die Eisverhältnisse im hohen Süden (November — Dezember 1898) mögen kurz besprochen werden, weil seit vielen Jahren zum erstenmale zwischen der Bouvet-Insel und 60° bis 70° östl. L. in diesen ausserhalb der Schiffahrtswege gelegenen Breiten beobachtet worden ist, und ausserdem die ungewöhnlich starke Eistrift, welche von 1892 bis 1897 im Südatlantischen und Indischen Ozeane herrschte, eben erst ihr Ende erreicht hatte. Es ist wohl möglich, dass wir gerade deshalb relativ günstige Eisverhältnisse angetroffen haben, weil in den letzten Jahren ungewöhnlich viel Eis abgetrieben war.

Wir haben rund 180 Berge verschiedener Grösse gesehen, deren Lage genau notiert, und deren ungefähre Dimensionen gemessen, bezw. abgeschätzt worden sind; von sehr vielen Eisbergen sind die Umrisse skizziert, eine grössere Reihe ist auch photographiert worden.

Den ersten Eisberg sahen wir kurz vor der Bouvet-Insel am 25. November, den letzten in 61° südl. Br., 61° östl. L. am 19. Dezember. Da, wo Eisberge zahlreich waren, trat auch meist das Treibeis, oft in unabsehbaren Feldern gedehnt, auf; es sind das Stücke ganz zerkleinerten Eises, alle von annähernd gleicher sehr geringer Höhe und oft eine Art Eisbrei bildend; die Bestimmung des spezifischen Gewichtes dieses Eises und sonstige Gründe sprechen dafür, dass dieses Treibeis zu einem beträchtlichen Prozentsatze aus Bruchstücken von Gletschern besteht, also aus Süsswassereis; einmal sahen wir direkt durch Abstürzen vom Eisberge solche Trümmer in Menge entstehen.

Dieses Treibeis war am häufigsten und dichtesten im Südosten von Bouvet-Insel, dann folgte die sehr bemerkenswerte Abnahme der Häufigkeit von Eisbergen und das zeitweise gänzliche Fehlen von Treibeis zwischen 20° und 40° östl. L., worauf wieder beides, die Berge und die Eisfelder, zunahmen.

Das Packeis, das als reines Meerwassereis mit seiner grünlicher Farbe gar nicht zu verkennen und mit seiner in einzelnen Fällen bis an die Reeling des Dampfers reichenden Höhe von deutlich geschiedenen übereinander gelagerten Schichten eine durchaus neue, eigenartige Erscheinung war, haben wir nur im Meridian von Enderby-Land getroffen, etwa 100 Seemeilen nördlich von dieser Küste; es zwang uns natürlich zur Umkehr.

Was die Eisberge noch anbelangt, so ist sehr beachtenswert, dass im westlichen Teile unserer Eisfahrt, bei der Bouvet-Insel, die Berge meist ein sehr verwittertes Aussehen hatten, mit abenteuerlichen Formen, voller Sprünge und Grotten; sehr häufig war hier an den Berg ein niedriges Vorland von Eis, das oft von Pinguinen besetzt war, angelagert, selten hatte der Gletscher noch seine ursprüngliche Schwerpunktslage, die Hohl-

kehlen der Brandung lagen hoch heraus, die Schichten lagen schräg zum Wasserspiegel. Die vom »Challenger« abgebildete Tafelform war hier im Westen nur sehr selten, kurzum, alles liess schliessen, dass diese Berge eine lange Reise bereits gemacht hatten, und dieser Umstand in Verbindung mit der Eisarmut zwischen 20° und 40° östl. L. und mit der Entdeckung des tiefen antarktischen Meeres lässt den Berichterstatter vermuten, dass unter den Meridianen von 0° bis 40° östl. L. Land, wenn überhaupt, erst in sehr hoher polarer Breite sein dürfte, was ja auch bereits für einige Stellen durch Ross und Bellinghausen bewiesen ist.

Anders lagen die Verhältnisse zwischen 40° und 62° östl. L.; als die Eisberge wieder zunahmen, zeigten sich, je östlicher, desto mehr, auffallend regelmässig gestaltete, kastenförmige Berge, ganz so, wie die im »Challenger«-Narrative abgebildeten. Einzelne waren offenbar ganz frisch entstanden, ohne Spalten, so vor Enderby-Land.

Die Höhe der Berge wurde durch den Sextanten ermittelt, nachdem durch einen Schuss oder die Dampfpfeife die Entfernung mittels Schall bestimmt war; die Durchschnittshöhe schwankte zwischen 40 und 60 *m* über Wasser, so dass etwa noch 400 bis 500 *m* Eis unter Wasser tauchte; der längste Berg, den wir aber nur in weitem Abstande gesehen haben, war mindestens drei bis vier Seemeilen lang und machte ganz den Eindruck der bekannten Ross'schen Eismauer der Antarktis.«

c) Tropischer Ozean, auf der Route Padang—Nias—Nicobaren—Ceylon—Malediven—Chagos—Seychellen — Deutsch - Ostafrika—Aden, von Mitte Januar bis Ende März 1899.

I. Lotungen. Dieselben sind in dem am Schlusse folgenden Verzeichnisse sämtlicher Lotungen abgedruckt.

II. Tiefseetemperaturen. »Nördlich von 40° südl. Br. konnte der Berichterstatter im ganzen 19 bis 20 Temperaturserien nehmen, die in den weitaus meisten Fällen vollständig genug sind, um für alle Schichten bis zum Meeresgrunde hin die Temperatur mit Sicherheit angeben zu können; es besteht die Absicht, an der Hand dieses und des sonst noch vorhandenen Materiales späterhin den Versuch zu machen, Isothermenkarten für die verschiedenen Horizontalflächen, besonders für die Tiefen von 0 bis 300 *m*, zu entwerfen.

Ohne nur irgendwie Vollständigkeit zu beabsichtigen, sei hier auf einige Punkte jetzt schon hingewiesen:

1. Die Frage, ob antarktisches Wasser auch in den Tiefen des tropischen Indischen Ozeanes vorhanden ist, ist natürlich sofort zu bejahen; die Frage aber, ob auch heute noch ein stetiges Nachfliessen solchen antarktischen Wassers äquatorwärts stattfindet, ist nicht mit der Sicherheit wie für den Südatlantischen Ozean zu beantworten.

Jedenfalls sind die Anzeichen für einen wirklichen Unterstrom (von freilich unmessbarer Geschwindigkeit) hier im Indischen Meere dürftig und schwach, aber doch vorhanden. Bestimmen wir nämlich mit Hilfe graphischer Interpolation die Tiefen, in welchen wir unter den verschiedenen geographischen Breiten (und annähernd gleicher geographischer Länge) die Temperatur von 20°, 15°, 10°, 5° und 2.5° antreffen, so erhalten wir Folgendes:

Indischer Ozean. Östliche Hälfte.

auf Breite	Lage der Isothermobathen von					
	25°	20°	15°	10°	5°	2.5°
I. 36° S (79° ö. L.) . . .	—	—	55	**650**	975	2100
II. 12° S (96° ö. L.) . . .	105	**205**	**265**	**450**	1100	2050
III. 2° N (77° ö. L.) . . .	110	**130**	**160**	**425**	1280	2000
IV. 9° N (89° ö. L.) . . .	85	120	**175**	**550**	1450	2350
	Meter Tiefe					

Man sieht, dass die Isothermobathe für 10° von Süden wie von Norden nach dem Äquator zu aufsteigt; die Isothermobathen für 20° und 15° steigen nur zwischen 12° südl. Br. und 8° nördl. Br. in die Höhe.

Ein solches Aufsteigen des Tiefenwassers — einerlei, wodurch es veranlasst ist — kann nur bei einem am Meeresgrunde »hinkriechenden«, das aufgestiegene Wasser stetig ersetzenden Zuflusse aus den Südpolargegenden bestehen.

2. Der Indische Ozean weist ferner, soweit das Monsungebiet und der davon abhängige halbjährliche Wechsel seiner Wasserbewegungen sich erstreckt, eine höchst interessante Erscheinung in solchem Grade auf, wie wahrscheinlich kein anderer Ozeanteil; es ist nämlich eine Sprungschicht der Temperatur vorhanden, die sich meist zwischen 50 und 200 *m* Tiefe findet und an die ähnlichen Erscheinungen in den grössern Landseen (Süsswasserseen) erinnert. Wir haben bis zu 50 oder 100 *m* Tiefe in den meisten Fällen eine Temperatur, die von derjenigen der Oberfläche nur wenig verschieden ist, dann aber eine starke und plötzliche Temperaturabnahme oft um 8° bis 9° bei nur 20 bis 25 *m* Tiefendifferenz, worauf schliesslich das bis zu den grössten Tiefen anhaltende, sehr langsame Fallen des Thermometers beginnt. Offenbar reicht nur bis zur obern Grenze der Sprungschicht die von der tropischen Sonne bedingte Erwärmung, während für die Temperaturgrade der nächstfolgenden Schichten wesentlich die ozeanischen Strömungen, speziell ihre Geschwindigkeiten und damit in Zusammenhang stehende vertikale Wasserbewegungen massgebend sind.

Man gewinnt, wenn man das im Laufe eines Jahres erfolgende Hin- und Herwandern der Wassermassen des Indischen Ozeans im Monsungebiete bedenkt, den Eindruck, dass zwar zeitlich und lokal starke, ja heftige Strömungen vorhanden sind, aber doch im wesentlichen dasselbe Wasser immer im Monsungebiete verbleibt und damit eben einem Landsee ähnliche Verhältnisse geschaffen werden, wodurch die Sprungschicht erklärlich wird. Anders ist es z. B. im Atlantischen Ozeane, von welchem wir mehrere Beispiele durchgreifenden Wasseraustausches kennen und z. B. wissen, dass Oberflächenwasser aus der Gegend des Kaplandes zweifellos bis in den Nordatlantischen Ozean gelangt.

Die Erscheinung bedarf natürlich noch genauerer Untersuchung; immerhin darf der Berichterstatter vielleicht jetzt schon das Vorhandensein einer Sprungschicht als ein Charakteristikum des tropischen Indischen Ozeanes bezeichnen.

3. Existenz einer homothermen Schicht von rund 900 *m* Tiefe an abwärts. Es fiel mir bei dem Umherkreuzen in dem Binnenmeere von West-Sumatra bald auf, dass immer dieselbe Bodentemperatur von 5.9° C. gefunden wurde, sobald nur an der betreffenden Station die Tiefe mehr als rund 900 *m* betrug; ob wir dann 1200 oder 1800 *m* Tiefe hatten, die Grundtemperatur betrug stets 5.9°, während wir, nach den Verhältnissen im angrenzenden offenen Ozeane zu schliessen, eine Temperatur des Bodenwassers von etwa 4° oder 3° in solchen Fällen erwarten mussten.

Es folgt aus dieser Gleichmässigkeit der Tiefentemperaturen, dass die »Sumatra-See« gegen den offenen Indischen Ozean in einer Tiefe von rund 900 *m* abgesperrt ist; nirgends dürften sich grössere Zugangstiefen finden, denn sonst könnte und müsste das kältere Ozeanwasser eindringen. Die Zugangsstrassen im Süden und Südosten konnten von der »Valdivia« nicht genügend durchforscht werden, wohl aber ist dies, und zum erstenmale damit, geschehen mit den Strassen und Kanälen im Westen und Nordwesten, z. B. dem Nias-Süd-Kanale, dem Nias-Nord-Kanale, der Siberut-Strasse u. s. w., und wir haben eine grösste Zugangstiefe von 677 *m* (s. die Lotungsliste, No. 129) gefunden, im Binnenmeere eine grösste Tiefe von 1671 *m* (Lotung No. 119), so dass daselbst Tiefen von 2000 *m* und mehr nicht unwahrscheinlich sind.

Relief- und Temperaturverhältnisse dieser Sumatra-See haben ihre Analogien in der Celebes-See, Banda-See u. s. w.

d) Verschiedenes. Bei den Arbeiten, die sich auf die Ermittelung des spezifischen Gewichtes, des Salzgehaltes, des Gasgehaltes des Meerwassers und ähnliches bezogen, hat sich von neuem und immer deutlicher herausgestellt, dass in vielen Fällen die in Betracht kommenden physikalischen und chemischen Faktoren für die Abgrenzung der verschiedenen Stromgebiete gegen einander viel wichtiger sind als die auf Grund der Besteckdifferenzen ermittelten Wasserbewegungen selbst.

Es ist dies verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die Richtung und Geschwindigkeit fast aller Meeresströmungen infolge von oft sehr geringfügigen Ursachen ungemein leicht veränderlich ist, während die Wasserbeschaffenheit innerhalb der bewegten Wassermassen das Konstante ist. Es war oft geradezu überraschend zu sehen, wie bei Stromgrenzen, die an sich zwar geringen, aber in ozeanischem Sinne recht beträchtlichen und bedeutungsvollen Unterschiede in den Werten aller Elemente zu Tage traten, so dass wir fast ganz unabhängig von der häufig ungenauen Bestimmung der »Stromversetzung« mit ziemlicher Sicherheit sagen konnten, in welcher Wasserart und in welchem Stromsysteme wir uns befanden.

Um diese allgemeine Darlegung an einem Beispiele klar zu machen, sei hier kurz eine Stromgrenze beschrieben, welche die Expedition zwischen Sansibar und Kap Guardafui überschritt, und die allerdings zu den unzweideutigsten Erscheinungen, welche wir während der ganzen Reise überhaupt getroffen haben, gerechnet werden muss. Die blosse Nebeneinanderstellung der die zwei verschiedenen Wasserbewegungen charakterisierenden Faktoren wird genügen.

Indischer Ozean, westlicher Teil; am 23. März 1899. Stromgrenze, gekennzeichnet schon äusserlich durch Kabelungen, in $2^1/_2{}^0$ südl. Br. und 41^0 östl. L.

Südlich von der Stromgrenze.	Nördlich von der Stromgrenze.
1. Ausläufer des Südäquatorialstromes, nach NO mit einer Geschwindigkeit von 2.4 Seemeilen in der Stunde fliessend. (Südhemisphärisches Wasser.)	1. Trift des NO-Monsuns, nach SW mit einer Geschwindigkeit von 2.2 Seemeilen in der Stunde fliessend. (Nordhemisphärisches Wasser.)
2. Wassertemperatur stets hoch, 28^0 bis 28.8^0 C. (t^0).	2. Wassertemperatur plötzlich bei der Fahrt von SW nach NO heruntergehend auf 27.1^0, 26.4^0 und 25.8^0 C. (t^0).
3. Wasserfarbe tiefblau, nach der Forel-Skala = 1.	3. Wasserfarbe grünblau bis graublau verfärbt, Forel-Skala = 3—5.
4. Durchsichtigkeit des Wassers (für die kleine weisse Scheibe) 45 *m*.	4. Durchsichtigkeit des Wassers nur 15 *m*.
5. Spezifisches Gewicht des Wassers $S\frac{t^0}{17.5^0} = 1.02420$ im Mittel, $S\frac{17.5^0}{17.5^0} = 1.02700$ im Mittel.	5. Spezifisches Gewicht des Wassers $S\frac{t^0}{17.5^0} = 1.02514$ im Mittel, $S\frac{17.5^0}{17.5^0} = 1.02740$ und höher.

Dazu kamen durchgreifende Veränderungen in der Zusammensetzung des Planktons u. a. m.; die Veränderungen in den chemischen Faktoren können erst später mitgeteilt werden. —

Der Chemiker der Expedition hat gerade im nördlichen Teile des Indischen Ozeans eine grosse Zahl von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen entnommen, und zwar meist mit dem Pettersson'schen Apparate, dessen Isolierung übrigens in den Tropen bei Tiefen von etwa 500 *m* und darüber nicht mehr ganz ausreicht; die Temperatur der isolierten und heraufgebrachten Wassermenge war meist um 1 bis 2^0 C. gestiegen, doch beeinträchtigt dies natürlich die Brauchbarkeit des Apparates für

Gasbestimmungen nicht. Sämtliche seitens der Wiener Akademie der Expedition überlassenen »Pola«-Flaschen sowie eine grössere Reihe evakuierter Glasröhren sind mit Wasserproben gefüllt. Wenn diese Proben analysiert sein werden, dann werden auch die spezifischen Gewichte der zwischen Oberfläche und Meeresboden gelegenen Wasserschichten für viele Stationen pyknometrisch bestimmt sein. Vorläufig hat der Berichterstatter sich in der Hauptsache auf die aräometrische Messung der spezifischen Schwere des Oberflächen- und Grundwassers beschränken müssen und dabei gerade im Bereiche des tropischen Indischen Ozeanes manche Lücke unserer Kenntnis ausfüllen können; der Reiseweg von Ceylon über Diego Garcia, Seychellen, Sansibar nach Kap Guardafui führte durch ein in dieser Beziehung bisher fast ganz unerforschtes Gebiet.«

Bei der grossen Wichtigkeit der von der Expedition ausgeführten Tiefsee-Lotungen folgt hier das von Dr. Schott a. a. O. mitgeteilte Verzeichnis sämtlicher ausgeführter Lotungen mit Fortlassung der dazu gegebenen Bemerkungen.

Verzeichnis sämtlicher während der Expedition ausgeführten Tiefsee-Lotungen.

Lotung No.	Station No.	Datum 1898	Breite N.	Länge W.	Tiefe *m*	Bodentemperatur °C.
			Hamburg — Kamerun.			
1	4	6. 8.	60° 42′	3° 10.8′	486	5.9
2	6	7. 8.	60 40	5 35.5	652	—
3	7	7. 8.	60 37	5 42	588	1.8
4	8	8. 8.	59 54	8 7	547	8.4
5	10	8. 8.	59 37	8 50	1326	5.4
6	11	9. 8.	58 36.6	11 33	1750	3.7
7	17	17. 8.	36 53.4	14 13	1778	6.6
8	18	17. 8.	36 48	14 10.1	158?	—
9	18a	17. 8.	36 48	14 10	530?	—
10	19	17. 8	36 41.2	14 8.4	342	—
11	20	17. 8.	36 40.1	14 8	1050	—
12	21	18. 8.	33 48 9	14 21.5	193	—
13	23	18. 8.	33 47.5	14 17.5	964	—
14	24	18. 8.	33 47	14 20.7	168	—

15—18. Hier noch vier, unter 200 *m* bleibende andere Lotungen auf flachem Grund mit der Thomson'schen Patent-Lotmaschine.

19	29	24. 8.	26 12.9	14 53.4	317	13.8

20 u. 21. Zwei Lotungen am 24. 8· 7½ a. u. 9¼ a. mit der Thomson-Maschine, Tiefe etwa 240 bezw. 146 *m*.

22	30	24. 8.	26 6.1	15 10.1	350	14.6
23	31	24. 8.	26 5.5	15 18.1	489	11.2
24	32	25. 8.	24 43.4	17 1.3	2480	3.5
25	37	29. 8.	16 14.1	22 38.3	1694	3.7
26	40	31. 8.	12 38.3	20 14.9	4792	—
27	41	2. 9.	8 58	16 27.9	1763	2.4
28	45	5. 9.	2 56 4	11 40.5	4990	0.4
			S.			
29	48	7. 9.	0 9 3	8 29 5	5695	1.9

30. Lotung vorher (Station 47 v. 7. 6. a. m.) misslang, da Grundberührung an der Le Blanc'schen Maschine nicht erkennbar wurde; es waren an die 8000 *m* Draht draussen, von denen 2000 *m* arg verknickt wieder heraufkamen.

Lotung No.	Station No.	Datum 1898	Breite N.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
31	53	10. 9.	1 14.2	2 10.0	3550	—
32	55	12. 9.	2 36.5	3 27.5	3513	2.4
33	56	13 9.	3 10	5 28	2278	3.3
34	58	14. 9.	3 31	7 25	710	5.3
			Kamerun — Kapstadt.			
35	63	26. 9.	2 0.0	8 4.3	2492	2.6
			S.			
36	67	30. 9.	5 6.2	9 58.6	3035	2.8
37	68	1. 10.	5 47.4	11 30.8	214	—
38	72	6. 10.	7 46.8	11 8.1	2338	—
39	75	10. 10.	16 24.8	11 8.9	2225	—
40	83	17. 10.	25 25.3	6 12.4	981	3.3
41	84	17. 10.	25 27.0	6 8.2	936	3.5
42	85	18. 10.	26 49.2	5 54.0	5040	0.8
43	87	20. 10.	30° 34.9′	6° 10.2′	5108	1.1
44	89	22. 10.	31 21.1	9 45.9	5283	0.9
45	90	25. 10.	33 20 3	15 58.2	3202	2.2
46	91	25. 10.	33 23.4	16 19.4	2670	—
47	92	26. 10.	33 41.2	18 0 3	178	—
			Kapstadt — Agulhasbank — Kapstadt.			
48	97	27. 10.	35 2	20 7	105	13.6
49	102	1. 11.	34 31.2	26 0.2	1930	3.9
50	103	2 11.	35 10.5	23 2.0	500	7.8
51	105	3. 11.	35 29	21 2.5	102	14.1
52	110	4. 11.	35 9	18 32.8	564	5.7
53	111	4. 11.	35 16.2	18 26.7	1516	2.4
54	112	4. 11.	35 32.8	18 20.1	2750	2.2
55	113	5. 11.	34 33.3	18 21.2	318	7.1
			Kapstadt — Bouvet-Insel — Kerguelen.			
56	115	14. 11.	36 23.4	17 38.1	4170	0.7
57	117	15. 11.	37 31.2	17 1.6	4953	0.4
58	118	17. 11.	40 31.0	15 6.5	2593	1.8
59	119	17. 11.	41 5.0	14 51 6	5230	0.7
60	120	18. 11.	42 17.7	14 1.0	4594	0.4
61	121	19. 11.	43 51.7	13 6.4	5417	0.4
62	122	20. 11.	46 2.1	11 34.7	4788	0.4
63	123	22. 11.	49 7.5	8 40.7	4418	0.4
64	124	23. 11.	50 57.4	7 39.5	3584	—
65	125	24. 11.	53 30.8	6 14.0	2268	0.6
66	126	25. 11.	54 22.3	4 37.2	3458	0.0
67	127	25. 11.	54 29.3	3 43	567	—
68	128	26. 11.	54 29.8	3 30.7	439	1.0
69	129	27. 11.	53 49 3	3 57	1849	0.4
70	130	27. 11.	53 51.5	4 6	2321	0.2
71	131	28. 11.	54 28.7	3 30.0	457	1.1
72	132	29. 11.	55 20.5	5 15.8	3080	—0.3
73	133	30. 11.	56 29.3	7 25.4	5044	—

Lotung No.	Station No.	Datum 1898	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
74	134	1. 12.	56 15.9	10 53.4	5519	—0.5
75	135	2. 12.	56 30.1	14 29.2	5093	—
76	138	4. 12.	55 26.2	18 1.8	4090	—0.2
77	140	5. 12.	54 54.2	22 13.2	4036	+0.5
78	141	6. 12.	54 46.0	26 39.9	4605	—0.3
79	142	7. 12.	55 27.1	28 58.8	5532	—0.4
80	143	8. 12.	56 43.8	32 6.0	5506	—0.4
81	144	9. 12.	58 5.4	35 53.7	5733	—0.4
82	145	10. 12.	59 16.3	40 13.7	5450	—0.3
83	146	11. 12.	58 52.6	43 0 9	5422	—
84	147	12. 12.	59 1.2	47 38.3	5508	+0.1
85	148	13. 12.	60 11.4	49 48.3	5567	—0.2
86	149	15. 12.	62 26.6	53 21.6	5175	—0.2
87	150	16. 12.	64 9.1	53 11.7	4647	—0.4
88	152	17. 12.	63 16.5	57 51.1	4636	—0.5
89	153	18. 12.	62 32.3	58 40.1	2750	—
90	154	19. 12.	61 45.2	61 15.9	3548	—0.1
91	155	21. 12.	58° 55.1′	64° 49.1′	4622	—0 2
92	156	22. 12.	56 18.5	66 47.6	2388	+1.1
93	157	23. 12.	54 33.2	67 52 3	4919	—
94	158	24. 12.	52 47.5	69 13	3923	0.2
95	159	24. 12.	51 49.7	69 48.1	2015	1.7

Kerguelen — Padang.

Lotung No.	Station No.	Datum 1899	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
96	162	1. 1.	43 44.6	75 33.7	3434	1.4
97	163	2. 1.	41 5.8	76 23.5	3295	1.4
98	164	3. 1.	38 41.2	77 36.2	158	12.8
99	165	3. 1.	38 40	77 38.6	672	9.9
100	166	4. 1.	37 45.2	77 34.3	1463	3.2
101	167	4. 1.	37 47	77 33.7	496	10.6
102	168	5. 1.	36 14.3	78 45.5	2414	2.1
103	169	6. 1.	34 13.6	80 30.9	3109	1.7
104	170	7. 1.	32 53.9	83 1.6	3548	1.4
105	171	8. 1.	31 46.4	84 55.7	3509	1.4
106	172	9. 1.	30 6.7	87 50.4	2068	2.4
107	173	10. 1.	29 6.2	89 39	3765	1.1
108	174	11. 1.	27 58.1	91 40.2	4526	1.1
109	175	12. 1.	26 3.6	93 43.7	4709	1.2
110	176	13. 1.	24 0.3	95 7.7	5364	0.3
111	177	14. 1.	21 14.2	96 9.6	5033	1.2
112	178	15. 1.	18 17.6	96 19.8	5911	—
113	179	16. 1.	15 8.1	96 20.3	5834	1.3
114	181	17. 1.	12 6.8	96 44.4	2154	—
115	183	19. 1.	8 14.0	98 21.6	5248	—
116	184	20. 1.	6 54.1	99 27.5	4883	1.1
117	185	21. 1.	3 41.3	100 59.5	614	8.7
118	186	21. 1.	3 22.1	101 11.5	903	6.6
119	187	22. 1.	2 11.8	100 27.1	1671	5.9

Lotung No	Station No.	Datum 1899	Breite S.	Länge O.	Tiefe m	Bodentemperatur °C.
			Padang — Colombo.			
120	189	30. 1.	0 57.5	99 51.1	768	7.3
121	190	30. 1.	0 58.2	99 43.2	1280	5.9
122	191	31. 1.	0 39.2	98 52 3	750	7.1
123	192	31. 1.	0 43.2	97 33.8	371	11.0
			N.			
124	193	1. 2.	0 30.2	97 59.7	132	23.5
125	194	1. 2.	0 15.2	98 8.8	614	10.2
126	195	1. 2.	0 30.5	98 14.2	594	10.3
127	196	1. 2.	0 27.3	98 7.4	646	—
128	197	2. 2.	0 23.0	97 57	267	—
129	198	2. 2.	0 16.5	98 7.5	677	—
130	199	2. 2.	0 15.5	98 4.0	470	10.3
131	200	3. 2.	0 46.2	96 23.2	5214	1.2
132	201	3. 2.	1 13.7	96 43.8	3127	1.9
133	202	4. 2.	1 48.1	97 6.0	141	16.0
134	203	4. 2.	1 47.1	96 58.7	660	9.1
135	204	4. 2.	1 52.3	97 1.6	84	27 0
136	205	4. 2.	1 48.9	96 53.0	1143	6.1
			N.			
137	206	5. 2.	2° 12.3′	95° 41.3′	1494	4.4
138	207	6. 2.	5 23.2	94 48.1	1024	—
139	208	7. 2.	6 54.0	93 28.8	296	11.4
140	209	7. 2.	6 56.3	93 32.7	362	10.3
141	210	7. 2.	6 53.1	93 33.5	752	8.2
142	211	8. 2.	7 48.8	93 7.6	805	7.1
143	212	8. 2.	7 49.1	93 10.5	302	11.1
144	213	9. 2.	7 57.9	91 47.2	3974	1.2
145	214	10. 2.	7 43.2	88 44.9	3692	1.2
			Colombo — Dar-es-Salâm, über Chagos-Inseln und Seychellen.			
146	216	16. 2.	6 59.1	79 31.7	1287	5.0
147	217	17. 2.	4 56.0	78 15.3	4454	—
148	218	18. 2.	2 29.9	76 47	4133	1.4
			S.			
149	219	20. 2.	0 2.3	73 24	2253	2.3
150	220	21. 2.	1 57.0	73 19.1	2919	1.8
151	221	22. 2.	4 5.3	73 24.8	2926	1.8
152	222	22. 2.	4 31	73 19.7	2524	2 1
153	223	23. 2.	6 19.3	73 18.9	3396	1.7
154	225	26. 2.	6 38.5	70 58.1	2127	2.4
155	226	27. 2.	4 5 8	70 1.9	4129	1.4
156	227	28. 2.	2 56.6	67 59	2743	2.0
157	228	1. 3.	2 38.7	65 59.2	3460	1.8
158	229	2. 3.	2 38.9	63 37.9	4599	1.8
159	235	9. 3.	4 34.8	53 42.8	2377	2.1
160	237	11. 3.	4 45	48 58 6	5071	1.2
161	240	14. 3.	6 12.9	41 17.3	2959	2.0
162	242	20. 3.	6 34 8	39 35.5	404	11.1

Lotung No.	Station No.	Datum 1899		Breite S.		Länge O.		Tiefe *m*	Bodentemperatur °C.
				Dar-es-Salâm bis Aden.					
163	245	22.	3.	5	27.9	39	18.8	463	10.0
164	246	22	3.	5	24.0	39	19.8	818	8.0
165	247	23.	3.	3	38.8	40	16.0	863	7.2
166	248	23.	3.	3	17.3	40	42.7	417	11.5
167	249	23.	3.	3	7.0	40	45.8	748	8.4
168	250	24.	3.	1	47.8	41	58.8	1668	3.8
169	251	24.	3.	1	40.6	41	47.1	693	9.0
170	252	25.	3	0	24.5	42	49.4	1019	—
171	253	25.	3.	0	27.4	42	47.3	638	9.6
172	254	25.	3.	0	29.3	42	47.6	977	8.0
				N.					
173	256	27.	3.	1	49 0	45	29.5	1134	7.6
174	257	27.	3.	1	48.2	45	42.5	1644	4.6
175	258	28.	3.	2	58.5	46	50.8	1362	6.0
176	259	28.	3.	2	58.8	47	6.1	1289	6.3
177	260	29.	3.	4	33.5	48	23.1	301	15.0
178	261	29.	3.	4	36.1	48	37.6	1213	6.7
179	262	29.	3.	4	40.8	48	39.6	1242	6.6
180	263	29.	3.	4	41.9	48	38.9	823	—
181	264	30.	3.	6	18.8	49	32.5	1079	8.2
182	265	30.	3.	6	24.1	49	31.6	628	10.0
183	266	30.	3.	6	44.2	49	43.8	741	9.2
184	268	1.	4.	9	6.1	53	41.2	5064	1.2
185	270	4.	4.	13	1.0	47	10.9	1840	3.7
186	271	4.	4.	13	2.8	46	41.6	1469	6.1

Am 25. November gelang der Expedition die Wiederauffindung der Bouvet-Insel. W. Sachse, Navigationsoffizier an Bord der »Valdivia«, berichtet darüber folgendes [1]):

»Eine steile, wilde Felseninsel war es, die vor uns lag. Schroff erhoben sich die starren schneebedeckten Felswände, an denen die schäumenden Wogen des Ozeanes hoch emporbrandeten, während sich die höhern Gebirgszüge in den Wolken verloren. So war der erste Anblick, den wir von dem ersehnten Lande erhielten.

Da die Lage dieser Insel keiner der angegebenen Positionen entsprach, so wurde zu Ehren des ersten Entdeckers der Bouvet-Gruppe der Name »Bouvet-Insel« beibehalten.

Bei unserer Ankunft wehte ein leichter Nordweststurm mit heftigen Schneeböen, und daher trieb »Valdivia« in der Nacht vom 25. zum 26. November 1898 im Leeschutz der Bouvet-Insel. Am nächsten Morgen hatte der Sturm etwas nachgelassen, die Wolken, welche bis jetzt die höhern Teile der Insel unsern Blicken neidisch verhüllt hatten, lüfteten sich und liessen uns kurze Zeit die sämtlichen Umrisse derselben klar erkennen.

Die Insel besteht, so zu sagen, aus einem einzigen Berge, der im Profile den unverkennbaren Charakter eines Vulkans trägt. Sanft neigt sich derselbe bis zu den schroffen Felswänden der Küste herab, während die Spitze, kegelförmig abgeschnitten und scharf gezackt, den Rand eines Kraters mit Bestimmtheit vermuten lässt. Ferner spricht für die vulkanische Natur der Insel der steile Abfall ins Meer und die Gesteinsproben, die wir aus 457 *m* Tiefe mit dem Grundnetze (Trawl) an die Oberfläche brachten, und die aus Tuff, sowie aus feinkörnigem Basalte bestanden.

[1]) Ann. d. Hydrographie 1899. p. 276.

Das Land war bis zu den jäh abfallenden, 124 *m* hohen Felswänden vollständig mit Schnee bedeckt, mächtige Gletscher senkten sich ins Meer hinab und vervollkommten das Bild einer antarktischen Landschaft. Wir näherten uns der Insel bis auf zwei Seemeilen, konnten aber, selbst mit bewaffneten Augen, nicht irgend eine Spur von Vegetation erkennen, entgegen den Angaben Bouvet's und Lindsay's, welche Bäume gesehen haben wollten. Kein lebendes Wesen war an Land zu entdecken mit Ausnahme einiger Seevögel, die aber auch fern von Land den Schiffen folgen. Besonders zahlreich war das Auftreten der Kaptaube (Daption capensis) und des weissen Sturmvogels (Pagodroma nivea), dem sichern Verkünder des nahen Packeises, und nicht unwahrscheinlich war es, dass hier die Brutplätze dieser Vögel sich befanden.«

9. Quellen und Höhlen.

Der Einfluss der Wälder auf die Quellen und unterirdischen Wassermassen ist von P. Ototzky studiert worden[1]). A. Müttrich giebt von dieser Arbeit eine lichtvolle Analyse[2]), der das Nachstehende entnommen ist:

»Bei Gelegenheit einer im Jahre 1891 unternommenen hydrologischen Exkursion in den Besitzungen des Grafen Woronzoff beobachtete Ototzky, dass in einer grössern Anzahl von Bohrlöchern im Walde kein Wasser gefunden wurde, wenn sich auch in dem umgebenden Freilande bei geologisch gleichen Bodenschichten wasserreiche Brunnen und Quellen befanden, und schloss daraus, dass der Wald den Boden austrocknen müsse. Zwei Jahre später konstatierte er von neuem die schon früher von ihm beobachtete Armut der Wälder an Quellen, sowie auch, dass der Wald nicht nur weniger reich an unterirdischem Wasser ist als die benachbarten Steppen, sondern dass auch sein Niveau im Walde tiefer liegt als ausserhalb desselben.

Um diese Resultate weiter zu begründen, wurde 1895 eine spezielle hydrologische Expedition in die Steppenwälder der Gouvernements Woronesch, Cherson und Saratow unternommen, von denen der Chipoff'sche Wald (Gouv. Woronesch) und der Schwarze Wald (Gouv. Cherson) ganz besonders eingehend in Bezug auf ihre Wasserverhältnisse untersucht wurden. Der Chipoff'sche Wald, der für die im O und SO der russischen Steppen vorhandenen Verhältnisse als typisch angesehen werden kann, besteht aus 60—80jährigem Laubholze und hat im allgemeinen dieselben Bodenschichten wie die benachbarten Steppen: roten Moränenthon mit Kieseln und einer eingelagerten dünnen Sandschicht, grauen tertiären Sand, dann wieder kompakten tertiären Thon, darunter graue phosphatführende Sande und endlich Kreide. In der Steppe findet sich in allen Sand- und oft auch in den untern Thonschichten in drei verschiedenen Tiefen Wasser, und zwar in geringer Menge in dem Moränenthone, sehr

[1]) Annales de la Science agronomique française et étrangère **2**. Paris 1898.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1898. Litteraturbericht p. (70).

reichlich in dem tertiären Sande und endlich oberhalb der Kreide. In den Wäldern fehlt das Wasser in der ersten Tiefe vollständig, in der zweiten findet es sich, wenn es überhaupt vorhanden ist, nur in geringer Menge, und ob es in der dritten Tiefe vorkommt, konnte nicht entschieden werden, weil die Bohrlöcher nicht so weit herabreichten.

Beim Vergleiche von Wald und Steppe fällt zunächst auf, dass im Walde nicht nur die Anzahl der Quellen bedeutend kleiner ist als in den Steppen, sondern dass auch von den 24 Brunnen, welche sich teils im Walde, teils an seinen Rändern befinden, nur drei im Walde unter den Bäumen liegen, während sich alle andern ausserhalb des Waldes, oft nur wenige Meter von ihm entfernt befinden. Diese Thatsachen widersprechen der allgemein üblichen Annahme, dass der Wald die Bodenwässer aufspeichere, eine Annahme, die zum Teil dadurch hervorgerufen sein dürfte, dass sich die Regenwasser infolge des Schattens der Bäume, der geringern Luftbewegung, und einer gewissen Undurchdringlichkeit der Bodenoberfläche, im Walde länger erhalten und an geeigneten Örtlichkeiten sogar Teiche bilden, die, ohne dass sie durch Quellen gespeist werden, den Sommer über nicht austrocknen.

Um einen direkten Beweis für die Armut des Waldes an Bodenwasser zu führen, bestimmte Ototzky in verschiedenen Reihen von Bohrlöchern, die vom unbewaldeten Terrain aus über die Grenze des Waldes bis in sein Inneres angelegt wurden, die Reichhaltigkeit und Tiefe der unterirdischen Wasserschichten. Dabei waren die einzelnen Bohrlöcher jeder Reihe so angelegt, dass sie in Beziehung auf Höhenlage und ihre geologischen Verhältnisse möglichst gleichartig waren. Um aber auch den Einfluss verschiedener Verhältnisse zu bestimmen, wurde für einzelne Reihen von Bohrlöchern ein steigender, für andere ein fallender Abhang und wieder für andere ein horizontales Terrain ausgewählt. In einigen Fällen fand die Untersuchung unter alten, in andern unter jungen Bäumen statt.

Im Chipoff'schen Walde wurden vier Reihen von Bohrlöchern angelegt. Trotz der gleichen geologischen Verhältnisse: Tschernosem (Schwarzerde), unter dem gewöhnlicher brauner oder roter Thon, zuweilen mit Eisen- und Kalkkonkretionen lagerte, zeigte sich bei allen vier Reihen im Walde eine starke Erniedrigung des Wasserniveaus. So fand sich z. B. bei der zweiten Reihe auf einem horizontalen Terrain in einem Brunnen auf der Steppe, 43 *m* vom Rande eines jungen Bestandes mit Überhältern das Wasser in einer Tiefe von 5 *m*; 80 *m* von ihm entfernt zeigte es sich in einem Bohrloche mitten im jungen Bestande bei 10.68 *m* Tiefe, und 197 *m* von diesem Bohrloche trat das Wasser im alten Waldbestande unter den Kronen der Bäume erst in 15 *m* Tiefe ein. Derartige Erniedrigungen des Wasserniveaus im Walde zeigen auch die andern Reihen. Ausserdem ist aber aus ihnen auch ersichtlich, dass diese Unterschiede im Wasserniveau oft in kurzen Entfernungen vorhanden sind. So enthielt die

dritte Reihe bei gleichen geologischen Verhältnissen zwei Bohrlöcher von 0.29 *m* Höhenunterschied, von denen das erste innerhalb eines alten Bestandes und das andere ausserhalb des Waldes 16 *m* von seinem Rande liegt, und bei denen das Wasserniveau im Walde um 7.78 *m* tiefer lag als ausserhalb. Bemerkenswert war auch in diesem Falle, dass von den Sandschichten, welche in beiden Bohrlöchern in der Tiefe von 7 *m* lagerten, die im Walde trocken, und die in der Steppe mit Wasser gesättigt war.

Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Untersuchungen im Schwarzen Walde (Gouv. Cherson, Distrikt Alexandria, 48° 20′ nördl. Br. und 30° 18′ östl. L. v. Gr.), welcher am südlichen Rande der Gegend liegt, die in Russland die »Waldsteppe« genannt wird. Sie bildet eine horizontale, von Schluchten durchzogene Ebene, auf welcher sich die Wasserscheide für zwei verschiedene Flusssysteme befindet. Die Reihenfolge der geologischen Schichten ist hier im allgemeinen folgende: Löss, unter diesem kompakterer brauner Thon 14—17 *m*; thoniger, grauer Sand, sehr kompakt, von Braunkohlenadern durchzogen 0.70 *m*; gelber Sand 0.45—0.70 *m*; sehr erdige Braunkohle 0.07—0.10 *m*; weisser oder ockerartiger Sand mit Kaolin-Mandeln 17 *m*. An der Basis aller dieser Schichten findet man Granit-Gneis.

Die hydrologischen Verhältnisse sind hier einfach. Die erste Wasserschicht befindet sich immer zwischen dem Löss und dem braunen Thon, sie ist nicht sehr reichlich und wird durch die Regen der Steppe gespeist. Die zweite und letzte Wasserschicht liegt in den Sanden, welche den Granit bedecken, und spielt in diesen Gegenden wegen ihres Wasserreichtums und wegen ihrer grossen Ausdehnung die Hauptrolle.

In dem Schwarzen Walde finden sich die in dem Chipoff'schen Walde beobachteten Thatsachen bestätigt, nämlich, dass er ärmer an Quellen ist als die benachbarten Steppen, und dass die Brunnen ihrer grössten Zahl nach ausserhalb des Waldes liegen. Zur Bestimmung des Wasserniveaus wurden im Schwarzen Walde fünf verschiedene Reihen von Bohrlöchern angelegt, und bei allen ergab sich wieder dasselbe Resultat wie früher, dass bei gleichen geologischen Verhältnissen das Wasserniveau unter den Bäumen des Waldes tiefer liegt als in der Steppe. Ausserdem bot sich hier Gelegenheit, eine Reihe von vier aufeinanderfolgenden Bohrlöchern anzulegen, von denen das erste in der Steppe, das zweite in einer Waldschlucht mit 25jährigem Bestande, das dritte wieder in der Steppe und das vierte in einem geschlossenen Walde mittlern Alters zu liegen kam. Die an diesen vier Stellen erhaltenen Wasserniveaus bildeten, wie nach den bisherigen Resultaten auch zu erwarten war, eine gebrochene Linie, deren tiefste Punkte immer unter dem Walde lagen.

Von besonderem Interesse war auch eine Reihe von Bohrlöchern, welche ein ungefähr im Zentrum des Waldes liegendes Feld von 1 *qkm* durchschnitt. Das beinahe horizontal verlaufende Feld war

im NO von altem und im SW von jungem Walde begrenzt und enthielt zwei Brunnen, den ersten 55 *m* vom jungen Walde, den zweiten mehr nach dem Zentrum hin, 114 *m* vom ersten Brunnen und 100 *m* vom nächsten Punkte des Waldes entfernt. In der Richtung dieser beiden Brunnen wurden zwei Bohrlöcher gemacht, das eine im jungen Bestande 30 *m* von seinem Rande und das andere im alten Bestande 40 *m* von seinem Rande unter alten Eichen. Die Niveaukurve des Wasserstandes liegt auf diesen vier Stellen am höchsten im Zentrum des Feldes, sinkt von hier nach beiden Seiten, wenn man sich dem Walde nähert, und zwar so, dass sie im alten Bestande tiefer liegt als im jungen.

Schliesslich bemerkt Ototzky noch, dass schon im Jahre 1891 vergleichende Beobachtungen über die Feuchtigkeit des Bodens in dem Schwarzen Walde von Bliznin[1]) angestellt sind. Drei verschiedene Aufnahmen bis 1.50 *m* Tiefe haben dabei an einem Punkte im Innern des Waldes, 108 *m* von seinem Rande und an einem Punkte auf horizontalem und normalem Terrain ausserhalb des Waldes, 135 *m* von seinem Rande, als Resultat ergeben, dass die obern Schichten des Waldbodens feuchter sind als die von kultivierten Feldern, und dass die untern Schichten trockner sind. Die beiden Orte, an denen die Beobachtungen gemacht wurden, waren nach der Angabe von Bliznin so gewählt, dass der Unterschied der Feuchtigkeit lediglich dem Einflusse der Vegetation zugeschrieben werden konnte. Die dabei erhaltenen Zahlenwerte waren:

	Grad der Feuchtigkeit					
	im 30jährigen Walde			auf Getreidefeld		
Tiefe	17. Mai	22. Juni	23. Juli	17. Mai	22. Juni	23. Juli
von 0.0—0.3 *m* . .	17.2	14.4	17.5	10.3	10.4	19.9
» 0.3—0.6 » . .	17.5	13.8	13.0	15.6	11.7	18.3
» 0.6—0.9 » . .	18.4	14.6	11.6	16.2	12.3	12.2
» 0.9—1.2 » . .	18.5	14.6	11.1	16.2	13.5	11.1
» 1.2—1.5 » . .	15.5	14.4	11.8	17.1	15.4	12.9

Aus allen von Ototzky angestellten Beobachtungen zieht derselbe den Schluss, dass das Wasserniveau in allen Fällen ohne Ausnahme bei der Annäherung an den Wald sinkt, und zwar in einzelnen Fällen sehr bedeutend, wie in dem Chipoff'schen Walde an einer Stelle auf 190 *m* um 10.96 *m* und an einer andern Stelle sogar auf 32 *m* um 10 *m*. Dasselbe ist auch für den Schwarzen Wald bewiesen, wo an einer Stelle das Wasserniveau auf 200 *m* nur um 4.95 *m* fällt und an einer andern auf 114 *m* um 10.78 *m*.

Interessant ist noch, dass die Depression des Wasserniveaus unter alten Bäumen grösser ist als unter jungen. Im letzten Falle betrug die Erniedrigung auf 80 *m* nur 1.57 *m*.«

Die Sibyllenhöhle auf der Teck bei Kirchheim in Württemberg ist von E. Fraas untersucht (und paläontologisch ausgeräumt)

[1]) Travail de M. Bliznin sur l'humidité du sol dans la forêt et dans les champs. 1892. Bulletin météorologique, No. 7. p. 269—273.

worden [1]). Der Eingang dieser Höhle befindet sich unter dem Aussichtspunkte auf der Teck am Fusse einer senkrechten Felswand. Sie zieht sich 36 *m* tief in den Berg, und ihr Ursprung ist der Auslaugung durch das Wasser in den massigen Felskalken des weissen Jura zuzuschreiben.

Die »neue« Grotte in Adelsberg. Im Jahr 1891 wurde in der altbekannten grossen Höhle ein neuer Seitenzweig entdeckt. Derselbe ist bis jetzt noch wenig besucht worden, da es etwas schwierig ist, zu demselben zu gelangen, obgleich er in Bezug auf Menge und Schönheit seiner Tropfsteingebilde alles Ähnliche übertreffen soll. Friedrich Müller hat diese Höhle 1899 besucht und geschildert [2]). Hiernach sind die Tropfsteinbildungen in der Höhle allerdings unvergleichlich.

»Der Boden, die Wände und die Decke sind schneeweiss. Von letzterer hängen Tausende und Abertausende dunkler gefärbte, kurze Stalaktiten herab. Es macht dies den Eindruck, als sei es ein zu Stein erstarrter Regen. Die Wände schmücken wundersam geformte Draperien, häufig mit rötlichen Streifen durchzogen, die von dem in der Erdschicht enthaltenen Eisenoxyd herrühren, welches die durch den Berg sickernden Wassertropfen mit sich führen. Auf den gegen die Seitenwände hinaufziehenden Abhängen stehen, gleich Wächtern, schlanke, bis 2 *m* hohe, weisse Säulen in ungezählter Menge. Am Boden blitzt und gleisst es wie aus Millionen Edelsteinen. Drusenartige, metertiefe Vertiefungen sind ganz auskrystallisiert mit weiss und rötlich angehauchten Rhomboedern. Nach starken Niederschlägen sind diese natürlichen Schalen mit dem klarsten Wasser angefüllt, dessen Vorhandensein man erst gewahrt, wenn unwillkürlich der Fuss dessen Fläche streift. Alles glitzert und leuchtet selbst bei dem schwachen Scheine der Kerzen oder Grubenlichter. Strahlt aber das Magnesium sein herrliches, weisses Licht aus, dann blitzen auch aus dem fernen Halbdunkel feurige Scheine. Besonders im mittlern Teile der 400 *m* langen Grotte umweht uns der ganze unsagbare Reiz einer noch jungfräulichen Tropfsteingrotte, die nicht durch Fackeldampf geschwärzt oder durch Vandalenhände zerstört ist. Wir befinden uns inmitten prachtvoll geformter Säulenstalagmiten von grösserem Umfange, welche schneeweiss oder rötlich schimmern und mit kunstvollen Kannelierungen verziert sind. Ein leichter Schlag an eine der freistehenden Säulen erweckt einen dumpfen, melodischen Ton, welcher weihevoll, wie klagender Harfenton die Totenstille dieser märchenhaft schönen Halle durchzittert.

Endlich haben wir uns durch das Chaos durchgewunden, der Boden der Grotte verflacht sich, und bald stehen wir vor einem Trümmerberge, einem Einsturze, welcher den weitern Gang versperrt, und sind am Ende angelangt.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass die Poik, welche einstmals die Adelsberger Grotten durchströmt und ausgewaschen hat, hier und in der etwas tiefer liegenden Grotte ihren Abfluss nach Plania zu fand, ehe sie ihr jetziges, tiefer liegendes unterirdisches Bett ausgenagt hatte. Der Eingang in die Hauptgrotte hat die Höhencote von 531.7 *m*, der Endpunkt der »Neuen Grotte« 520.6 *m*, es besteht also ein Gefälle von 11.1 *m*. Der Umstand, dass die untere Grotte, soweit sie vermessen wurde, ansteigt, dürfte belanglos sein, da der Boden dieses Ganges eine ungeheure, teils übersinterte, teils nicht übersinterte Lehmschicht bildet, weshalb die erhaltenen

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. **51**. 1899. p. 75 u. ff.

[2]) Mittl. des deutschen und österreichischen Alpenvereins **1899**. Nr. **20**.

Höhencoten nicht den eigentlichen Felsboden des einstigen Poikbettes darstellen, während anderseits der tiefste Punkt in dem noch nicht vermessenen Doppeldome wieder bedeutend tiefer liegt als die vermessene Endcote (519.1 *m*).

Ist diese Annahme richtig, so werden die »Neue Grotte« und die untere (Bauchkracher Grotte), die beide an Trümmerbergen enden, eine Fortsetzung haben, deren Auffindung ohne Zweifel in neue, trockene Tropfsteingrotten mit dem Charakter der »Neuen Grotte« führen.

Da die Absicht besteht, in den Trümmerberg am Ende der »Neuen Grotte« einen Stollen einzutreiben, so dürfte vielleicht bald ermittelt werden, ob die Vermutung von dem Vorhandensein weiterer Gallerien, durch welche Fluss der einst strömte, sich bewahrheiten wird.«

Eishöhlen. Prof. G. Crammer hat die in der Nähe von Wiener-Neustadt liegende, unter dem Namen »das Tablerloch«, bekannte Eishöhle einer sehr sorgfältigen Untersuchung unterzogen[1]) und zwar in Bezug auf Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Nebelbildung, Luftbewegung, Tropfwasser, Schneelage im Freien, im Trichter und in der Höhle, Eis- und Reifbildung in der Höhle und Struktur des Höhleneises. Ausser dem Tablerloch hat Prof. Crammer noch eine Anzahl anderer Höhlen, wenngleich nur gelegentlich, untersucht. Auf Grund seiner Studien fasst er die Ergebnisse seiner umfassenden und mühevollen Arbeit in eine Reihe allgemeiner Schlüsse zusammen, die hier folgen. Er sagt:

»Die von mir untersuchten Höhlen sind entweder kalte Höhlen (Gipsloch, Windloch), gewöhnliche Eishöhlen (Tablerloch, Eiskeller auf der Rax, Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm, Eishöhle am Beilstein, Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab), Windröhren (Nixloch) oder Kombinationen von Windröhren mit Eishöhlen (Frauenmauer-Höhle mit der Eiskammer, Kolowratshöhle?). Eine ganz besondere Stellung nimmt die Seelucken als Teil einer Windröhre ein, die nur selten als solche thätig ist. Das Taubenloch ist eine kalte Höhle, in die eine Windröhre mündet.

Eine strikte Grenze zwischen kalten und Eishöhlen giebt es nicht. Den Übergang zwischen beiden bilden solche Höhlen, die nur in manchen Jahren eisfrei werden (Tablerloch). Eine Besonderheit sind die gekuppelten Eishöhlen, das sind zwei Eishöhlen die untereinander liegen und miteinander durch Schächte verbunden sind (Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm, Eishöhle im Brandstein am Hochschwab).

Die Windröhren kommen entweder einzeln oder in Gesellschaft vor, so dass sie ein förmliches Netzwerk bilden, was hauptsächlich in Bergstürzen der Fall ist (Nixloch). Die Seelucken ist eine Windröhre, die sich gabelt. Von grosser Wichtigkeit ist, ob eine Windröhre durchaus nach einer Richtung fällt (Frauenmauer-Höhle) oder ob sie abwechselnd fällt und steigt. In dem ersten Falle zieht die Luft jederzeit, insbesondere bei starkem Falle der Röhre, leicht hin-

[1]) Abhandlgn. d. k. k. Geogr. Gesellschaft in Wien 1899. **1. p. 15 ff.**

durch, in dem andern entsteht dort, wo die Röhre knieförmig nach abwärts gebogen ist, eine Ansammlung von kalter Luft, die den häufigen Luftdurchzug verhindert, weshalb sich in den sackartigen Biegungen der Höhle das im Winter gebildete Eis erhält (Seelucken).

Die Verbindung von Sackhöhlen mit Windröhren kann verschiedenartig sein.

Ist die Sackhöhle der Windröhre seitlich angehängt, so bezieht sie nur zur Zeit der Kälteperioden aus der Windröhre Luft; und wenn die Sackhöhle von dem untern Ende der Windröhre nicht zu weit entfernt ist, so dass die Luft nicht zu sehr erwärmt in den Sack fällt, so wird, wenn das nötige Sickerwasser vorhanden ist, der Sack zur Eishöhle (Eiskammer in der Frauenmauer).

Mündet eine Windröhre mit ihrem untern Ende an der Decke einer Sackhöhle, so leitet die Röhre nur in den Wärmeperioden Luft, und zwar warme Luft in den Sack, die aber, an der Decke bleibend und durch den Eingang der Sackhöhle ins Freie ziehend, auf die Temperatur des tiefer liegenden Sackteiles keinen Einfluss nimmt (Kolowratshöhle?).

Mündet endlich eine Windröhre mit ihrem untern Ende am Grunde einer Sackhöhle, dann durchzieht in den Wärmeperioden die aus der Röhre kommende warme Luft den ganzen Sack von unten nach oben gegen den Eingang der Sackhöhle und bringt das etwa darin im Winter gebildete Eis rasch zum Schmelzen (Taubenloch).

Für jede mit der Atmosphäre kommunizierende Höhle gilt, dass ihre Temperatur in erster Linie durch die Temperatur der Luft, die die Höhle längere Zeit durchzieht, bestimmt wird.

Ob nun nur kalte Winterluft oder nur warme Sommerluft, oder endlich abwechselnd kalte und warme Luft in die Höhle dringt, hängt lediglich von der Gestalt der Höhle ab.

Nach abwärts gerichtete, unten geschlossene Höhlen lassen nur kalte Luft eindringen. Solche Höhlen sind daher kalt und bergen häufig Eis. Diese Form habe ich bei allen besichtigten Eishöhlen angetroffen, und in keinem einzigen Falle habe ich mich bemüssigt gefunden, die niedrige Sommertemperatur und das Vorkommen des Eises auf eine andere Weise als im Tablerloch, nämlich durch die Sackform, zu erklären. Abweichungen fand ich nur darin, dass in manchen Eishöhlen (Beilsteinhöhle und Kolowratshöhle) nicht nur im Gestein, sondern auch in den grossen Eismassen sehr viel Winterkälte aufgestapelt war. Im Eiskeller auf der Rax bildete wieder der mächtige Schneekegel ein hervorragendes Kältereservoir. Die ungleichen Eismengen in den verschiedenen Höhlen sind lediglich Folgen der verschiedenen Tropfwasserverhältnisse.

In allen Eishöhlen, die ich während des Sommers oder Herbstes besucht habe, erkannte ich, dass das Eis in der warmen Jahreszeit nicht zuwächst, sondern abschmilzt. Die in der Beilsteinhöhle und im Eisloche im Brandstein auf dem Hochschwab gesehenen, sehr

geringfügigen Sommereisbildungen gehören ebenso zu den Ausnahmen, wie die für die Sommerszeit abnorm kalte Witterung, die diese Eisbildungen veranlasst hat.

Die Himmelsgegend, nach der die Höhlenmündung gerichtet ist, hat auf die Eiserhaltung und die Sommertemperatur keinen entscheidenden Einfluss, wie der Befund in der Beilsteinhöhle lehrt, weil die Sonnenstrahlen doch nur selten und nur kurze Zeit in die Höhle dringen. Doch ist eine nördliche Richtung zweifellos dem Eishöhlenphänomen günstig.

Wenngleich die Mehrzahl der Eishöhlen in grösserer Meereshöhe liegt, möchte ich trotzdem der Höhenlage — wenigstens innerhalb gewisser Grenzen nach oben und unten — keine besondere Wichtigkeit für das Eishöhlenphänomen zuerkennen, da in unsern Gegenden auch das Thalklima dem Phänomene günstig ist. Die Seltenheit tiefer liegender Eishöhlen erkläre ich dadurch, dass die Ausgänge der in den Bergsockeln liegenden Höhlen meist unter Verwitterungsschutt begraben sind, während sie in grössern Höhlen in freistehenden Felswänden liegen.

Nicht etwas Zufälliges erblicke ich in dem Vorkommen dreier Eishöhlen (Tablerloch, Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab, und auch die Seelucke 1 gehört diesbezüglich hierher) genau an der obern Grenze von Schutthalden, wo sich diese an die Felswände anlegen. Der über der Höhle von der Bergwand gestürzte Schutt sammelte sich vor der Höhle an, kollerte zum Teil in die Höhle und schuf so die nach innen abfallende Sohle, wodurch die früher ein mehr oder weniger horizontal verlaufendes Ende besitzende Höhle in eine Eishöhle umgestaltet wurde, nachdem sie im Innern durch Einstürze oder Versinterungen einen Abschluss erhalten hatte.

Wächst die Schutthalde noch weiter in die Höhle, so verschliesst sie mit der Zeit den Höhleneingang vollständig. Der Lufteintritt — somit auch die Abkühlung von aussen — hört dann auf, und infolge der langsam vordringenden Erdwärme erhält die Höhle, beziehungsweise das sie umgebende Gestein nach einer Reihe von Jahren jene Temperatur, die ihm vermöge seines Abstandes von der Erdoberfläche zukommt. Eine kleine Störung in dem Verlaufe der Geoisothermen verbleibt zwar auch dann, weil die eingeschlossene Luft fortwährend die Wärme der Tiefe rasch nach oben befördert.

Wir haben gefunden, jede der untersuchten Eishöhlen hat zwar ihre besondere Eigentümlichkeit, aber dennoch gilt für jede ohne Ausnahme die Deluc-Thury'sche Theorie voll und ganz. Das Eis wird in allen diesen Höhlen im Winter und Frühjahr gebildet, weil zu diesen Zeiten entweder die kalte Aussenluft in die Höhle fällt oder die im Fels aufgespeicherte Winterkälte noch hinreicht, das fallende Tropfwasser zum Gefrieren zu bringen. In der warmen Jahreszeit steigt die Höhlentemperatur hauptsächlich infolge des Vordringens der Bodenwärme und vermöge der Tropfwasserwärme, wodurch Eis zum Schmelzen gebracht wird. Je nach den Schwankungen

des Klimas im Freien schwankt auch die Eismenge in den Höhlen von Jahr zu Jahr.

Nach aufwärts gerichtete, oben geschlossene Höhlen lassen nur warme Luft eindringen und besitzen daher relativ hohe Temperaturen.

Röhrenförmige, an beiden Enden offene Höhlen werden abwechselnd von kalter und warmer Luft durchzogen. Das Gestein solcher »Windröhren« genannten Höhlen wird, ebenso wie jenes der kalten Höhlen, im Winter abgekühlt, nur geht seine Temperatur im Sommer rasch in die Höhe, weil warme Luft die Höhle durchzieht. Da die eindringende Luft im Winter dem Fels Wärme entzieht, im Sommer an den Fels Wärme abgiebt, so ist es auch in den Windröhren, wie in den kalten und warmen Höhlen während der Kälteperioden wärmer und während der Wärmeperioden kälter als im Freien. Die Amplitude der jährlichen Temperaturschwankungen in den Windröhren steht hinsichtlich ihrer Grösse zwischen jener der kalten und warmen Höhlen einerseits und der Luft im Freien anderseits.«

10. Flüsse.

Der Elbstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse bildet den Gegenstand einer im Auftrage der deutschen Elbuferstaaten verfassten Monographie[1]). An den Vorarbeiten haben sich alle die Staaten beteiligt, von denen Teile im Niederschlagsgebiete der Elbe und ihrer Nebenflüsse liegen. Es sind das Österreich (mit den Kronländern Böhmen, Mähren, Ober- und Nieder-Österreich), Preussen, Bayern, Sachsen, beide Mecklenburg, Weimar, Braunschweig, Meiningen, Altenburg, Coburg-Gotha, Anhalt, beide Schwarzburg, beide Reuss, Hamburg und Lübeck. Das Niederschlagsgebiet der Elbe (bis zur Mündung des Kaiser Wilhelm-Kanals bei Brunsbüttel) beträgt 144 055 *qkm* (gegen 118 611 der Oder, 160 023 des Rheines und 192 546 der Weichsel); davon liegen im Deutschen Reiche 93 216 *qkm*, das sind über 17 % von dessen Flächeninhalte. Von der Lauflänge der Elbe — 1112 *km* — fallen 414 *km*, wovon die untersten 106 *km* schiffbar, auf Österreich, 698 auf das Deutsche Reich. Das natürliche Überschwemmungsgebiet des Stromes beträgt im Deutschen Reiche 6095 *qkm*, das durch Deiche u. s. w. eingeschränkte immer noch 1528 *qkm*. Von dem Gesamtwasserstrassenverkehr des Jahres 1895 — 7500 Mill. Tonnenkilometer — leistete die Elbe (ohne Nebenflüsse) über 26 %, nämlich 1952 Mill. Tonnenkilometer.

Die Johnstonfälle in Zentralafrika. Ein grossartiger Wasserfall in Innerafrika wird von dem englischen Afrikareisenden Poulett Weatherley, der in der Gegend des Moero- und Tanganyikasees längere Zeit der Elephantenjagd obgelegen hat, in der »British

---

[1]) Berlin 1899 4 Bände u. Atlas.

Central-Afrika-Gazette« beschrieben. Die Erforschung des Wasserlaufes des Luapula, des Hauptquellflusses des Kongo, fand durch den Reisenden im Juni 1898 statt und führte zu der genauen Besichtigung der sogenannten Johnstonfälle. Von den Fällen giebt Weatherley eine eingehende Beschreibung. Man würde, so schreibt er, vergeblich versuchen, den grossartigen Charakter dieses Schauspieles der Phantasie vorzuspiegeln. Das umgebende Land bietet nichts Merkwürdiges, ganz anders aber der Fluss; seine Wasser erfüllen im Sturze die Luft mit einem betäubenden Lärme und entzücken das Auge durch ihre wunderbare Schönheit. Die Felsen haben auf die ganze Länge der Fälle das Aussehen eines roten Konglomerats, so sind sie von der Kraft der reissenden Gewässer zerspalten und zerstückelt. Am Fusse der Fälle bilden sie eine einheitliche Fläche, aber je weiter man die Stromschnellen aufwärts verfolgt, desto rauher, eckiger und zersprengter wird ihr Äusseres. Überall sieht man nur Felsen und immer wieder Felsen, über welche die Wasser hinstürzen, tobend, kochend und schäumend. Wenn der Zuschauer am Fusse eines der Fälle steht und über die ungeheuren Massen schneeigen Schaumes hinaufblickt, so erscheinen die Wasserstürze so schroff, dass man jeden Augenblick glaubt, von ihnen verschlungen zu werden. Man ist wie betäubt, wenn man von der Spitze eines Felsens aus rings um sich die rasenden Wasser vorüberschiessen sieht. Ein Mensch würde in einigen Metern Entfernung beim lautesten Rufen die menschliche Stimme nicht mehr vernehmen. Riesenhafte grüne Wogen erheben sich in die Luft, teilen sich und stürzen in schneeigen Wolken hernieder. Mitten in diesem Getöse sieht man hier und da ruhige Becken klaren Wassers, in dessen stiller Fläche sich die grossartigen Felsgruppen wie in einer glänzenden Eisfläche widerspiegeln, ein wunderbarer Gegensatz majestätischer Ruhe zu jenem ewig wechselnden Aufruhr. An einem bestimmten Teile seines Laufes angekommen, wendet sich der Fluss im rechten Winkel, und nun erreicht das Schauspiel seinen Höhepunkt: das Getöse ist schrecklich, der Fluss scheint von einer Raserei ergriffen zu sein über seine enge Gefangenschaft in dem schmalen Bette zwischen den felsigen Ufern, es scheint zuweilen, als ob sogar die Felsen von der Gewalt des Stromes erzittern. Hier ist das Flussbett wie ein enger Kanal in den Felsboden hineingeschnitten. Einige hundert Meter weiter unterhalb teilt es sich in Hunderte von getrennten Kanälen, die ebenso viele Wasserfälle bilden, zwischen denen die Felseninseln scheinbar ihren Halt kaum zu wahren vermögen. Jenseits dieser Stelle wird der Fluss dann wieder zu einem weiten ruhigen Wasserlaufe und bewahrt dieses friedliche Äussere bis zu seinem Eintritte in den Moerosee[1]).

Der Hwang-Ho ist vor kurzem von Oberingenieur Gaedertz gelegentlich einer Forschungsreise durch Schantung besucht und ein-

[1]) Umlauft's deutsche Rundschau f. Geographie u. Statistik **21.** p. 381.

gehend besichtigt worden[1]). Der Strom wurde von dem Forscher an drei Stellen bei Tsi-Ho, Lo-Kou und Scha-Kou oder Hou-Kia-Ngan überschritten.

»Linksufrig,« sagt der Reisende in seinem Berichte, »ist der Strom von weit oberhalb her durch eine doppelte Deichreihe eingefasst, rechtsufrig erst von dem Tsi-Ho gegenüberliegenden Pei-Tien an abwärts. Unmittelbar oberhalb des Dorfes Pei-Tien reichen die Überschwemmungen oft bis 5 *km* weit ins Land hinein. Etwas weiter oberhalb säumt höheres Land den Fluss ein, und ein Deich ist somit hier nicht nötig.

Das Deichsystem muss vom hydrotechnischen Standpunkte aus als sorgfältig angelegt anerkannt werden. Bei plötzlichen Biegungen des Stromes und der dadurch hervorgerufenen Gefahr des Stauens sind grosse Erweiterungen ausgeführt. An vielen Stellen bildet die Grundlinie des Deiches eine Zickzacklinie, damit wenigstens in etwas die Wirkung deklinanter Buhnen erreichend. An gefährdeten Punkten sind grosse Buhnen angelegt, die trotz ihrer sorgsamen Herstellung an dem primitiven Materiale kranken und einer konstanten Unterhaltung bedürfen.

Die Deiche sind in der Krone 10 *m* breit und 5—8 *m* hoch, je nach der Lage des binnenseitigen Terrains. Auf dem Bankett und der Krone und teilweise auch an den Böschungen sind die Deiche mit grossen Weiden bestanden. Vom Strome aus gesehen, bietet sich somit häufig der Anblick eines Waldes dar.

Die Buhnen sind immer deklinant und unter etwa 30 % zum Strome gerichtet; sie bestehen aus einem Rahmen starker Pfähle mit Flechtwerk und sind nach dem Lande zu mit Bambusseilen verankert. Das Füllmaterial ist schichtenweise Lehmschlag mit Kauliang-Stroh. Der Fuss der Buhnen wird mit einem aus nur zu kleinen Steinen bestehenden Steinwurfe geschützt.

Die Angaben der Deichwächter waren als zuverlässige zu erkennen und von grossem Werte bei den Besichtigungen.

Zwei Deichwärter versehen den Dienst einer Strecke von 5 Li = 2.5 *km* und haben ein Personal von 40 Mann, in zwei Wachen für Tag und Nacht geteilt, unter sich. Sie unterstehen dem Mandarin des betreffenden Bezirkes, der persönlich für den Zustand der Deiche und etwaige Schäden verantwortlich ist. Die Arbeiten werden auf Staatskosten ausgeführt und gehen ohne Unterbrechung weiter; denn der mächtige, mit etwa 2 *m* sekundlicher Geschwindigkeit fliessende Strom giebt immer neue Arbeit.

Trotz dieser Arbeiten und trotz häufigen Aufgebotes von Hilfskräften kommt von Zeit zu Zeit ein Deichbruch vor, der weit in das Land hinein die verheerenden Fluten eindringen lässt und dann das Wort von »Chinas Kummer« wieder von neuem wahr macht.

---

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1898. No. 8, 9. p. 402 u. ff.

An den weniger höhern Punkten sieht man denn auch Dorf an Dorf gereiht. Auf den Binnendeichen findet sich an manchen Stellen Hütte neben Hütte, deren Bewohner das vorliegende Land geflohen haben.

Die Breite des Stromes bei Niedrigwasser beträgt durchschnittlich 200 *m*, an einigen Stellen bis zu 250 *m* und darüber steigend. An den Stellen, wo übergesetzt wurde, konnte im Stromstrich die Tiefe zu 6—8 *m* konstatiert werden.

Die Minimal-Hochwasser sollen 3 *m* über Niedrigwasser betragen, während die grossen bis zu 5 und 6 *m* steigen. Der Strom füllt dann die ganze Fläche zwischen den Deichen aus und erstreckt sich gegenüber Tsi-Ho bis zu 5 und 6 *km* weit in das Land hinein, über die Felder seine fruchtbringenden Ablagerungen, sehr häufig aber auch sterilen Sand in grossen Massen, ergiessend.

So viel wie möglich ist es vermieden worden, dass Flüsse in den Hwang-Ho münden. Grosse Arbeiten sind ausgeführt, um dem dabei notwendig eintretenden Übelstande abzuhelfen. Auf der westlichen Seite strömen dem Hwang-Ho überhaupt keine Wasser zu; von Osten fliessen einige Flüsschen südlich von Tsinan-Fu und münden dort, wo noch keine Deiche den Fluss einsäumen. Zwischen Tsinan-Fu und dem Meere sind die ehemals in den Hwang-Ho fliessenden, zwischen Lung-Schan und Tsinan-Fu von den Bergen kommenden Bäche und Flüsse abgefangen. Ihr Wasser dient jetzt dem vor zehn bis zwölf Jahren gebauten Kanale Hsiau-Hsing-Ho, der, 3 *km* nördlich von Tsinan-Fu beginnend, hier von den durch die Hauptstadt strömenden Bächen ausgiebige Quantitäten Wassers erhält. Zuerst dient er nur kleinen Booten: erst in 5 *km* Entfernung von der Stadt erhält er ein grösseres Profil. Von diesem Punkte aus läuft der Kanal Hsiau-Hsing-Ho in langen Geraden nach ONO, um bei King-Kia-Tschuang, einem Dorfe dicht an der Fähre über den Kanal, eine mehr östliche Richtung anzunehmen. Er nimmt dann verschiedene Bäche, den Hsiau-Kiang-Ho, der an Tschang-Kiu vorbeifliesst, auf und vereinigt sich mit dem westlich um den Tschang-Pei-Schan herumfliessenden Hsiau-Tsing-Ho. Dann fliesst er in NO-Richtung weiter, um schliesslich bei Yang-Kia-Kou in den Golf von Pe-Tchili sich zu ergiessen. Während dreier Monate mindestens ist alle Schiffahrt des Eises wegen gesperrt.«

Der Anadyr wird auf Grund eigener Anschauungen von A. W. Olssufjew geschildert[1]). Dieser Fluss entspringt im Stanowoi-Gebirge und hat bis Jaripol das Aussehen eines grossen Gebirgsstromes; nachdem er hier den wasserreichen Pelidon aufgenommen hat, erreicht er eine Breite von 170 *m*. Sein Oberlauf hat eine solche starke Strömung, dass es äusserst schwierig ist, mit einem Boote von Markowo nach Jaripol zu gelangen. Alle Nebenflüsse

[1]) Auszug aus dem russ. Original in Petermann's Mitt. 1899. p. 29.

dieses Teiles des Flusses haben den Charakter von Gebirgsflüssen. Die Flussufer sind gebirgig und reich an Nadelholz. Unmittelbar oberhalb Markowo tritt der Fluss in die Ebene, ohne dass der Wald die Flussufer verlässt: bis zum Dorfe selbst zieht sich als schmaler Streifen an beiden Ufern Laubwald hin. Bei Markowo schwankt die Breite des Flusses zwischen 200 und 750 *m*; die Breite des Mittellaufes vergrössert sich nach und nach und erreicht stellenweise 1100—1500 *m*. Die Strömung des Mittellaufes beträgt hier 1—2 *m* in der Sekunde, bei vollem Wasserstande bei Markowo 3 *m* und mehr. Er ist bei einem niedrigen Wasserstande mindestens 2 *m* tief. Die Ufer sind bis zur Mündung des Main niedrig; hier treten niedrige Berge von beiden Seiten dicht an den Fluss heran; bis zur Mündung der Bielaja ist das linke Ufer überall niedrig; das rechte wird, an dem Flusse selbst niedrig und sumpfig, von einer nicht hohen Bergkette begleitet, welche der Mündung der Bielaja gegenüber wieder dicht an den Fluss herantritt. Die Ufer des Mittellaufes haben anfangs einen dichten Anwuchs von Weiden, welcher allmählich am Oberlaufe zu Wald wird. Besonders waldreich ist, wie erwähnt, der Oberlauf des Main und seines Nebenflusses Algan. Der untere Anadyr zeichnet sich durch eine langsame Strömung und mächtige Breite aus. Das linke Ufer ist niedrig, an das rechte treten stellenweise die Ausläufer des Polpol heran, die zum Sommeraufenthalt der Rentierzüchter sich eignen. Beide Ufer haben an einzelnen Stellen gar keine Vegetation; die Tundren sind hier und da mit niedrigem Gebüsche oder Weiden bedeckt. Die Breite des Flusses schwankt grösstenteils zwischen $1^1/_2$ und 2 *km*, erreicht aber auch 3—5 *km* und mehr. Die Tiefe des Unterlaufes beträgt anfangs etwa $2—4^1/_2$ *m*, aber nahe der Mündung auf der Barre übersteigt sie nicht 1 *m*.

Vom Einfalle der Krassnaja beginnen auf beiden Ufern weit vorspringende Sandzungen, welche natürliche Deckungen für den Aufenthalt der Kähne bilden. Hier ist infolge der Breite des Flusses und der starken Winde, die plötzlich das Wasser in Bewegung bringen, die Schiffahrt sogar für die grössten dortigen Kähne nicht gefahrlos. Unterhalb der Landzunge, die die Amerikanische genannt wird, ist die Strömung so unbedeutend, dass sich die Meeresflut schon bemerkbar macht, so dass die Strömung des Flusses bald eine rückläufige (nach oben), langsame und kurz dauernde, bald eine weit stärkere nach unten ist. Je näher der Mündung, desto fühlbarer wird dieser Einfluss der Flut und erreicht diese endlich ihren äussersten Grad dem Posten Nowo-Mariinsk gegenüber, wo der Fluss von beiden Seiten durch Gebirge eingeengt wird. Hier hebt die Flut, die zweimal am Tage in ungleichmässigen Zwischenräumen eintritt, das Niveau des Wassers um mehrere Fuss und bewirkt eine ziemlich starke rückläufige Strömung, während die Ebbe so stark ist, dass sogar ein zwölfrudriger Seekutter in der Mitte des Flusses nicht gegen die Strömung vorwärts kommt. Wenn man

quer über den Fluss blickt, so bemerkt man, dass nicht die ganze Wasseroberfläche gleichzeitig unter der Wirkung der Flut und Ebbe steht: das Wasser längs der Ufer verspätet sich gleichsam etwas; in der Mitte des Flusses hat schon die Flut begonnen, während längs der Ufer noch die Ebbe andauert. Während der Ebbe ist es oft umgekehrt: die Ebbe ist schon in der Mitte des Flusses bemerkbar, während das Uferwasser noch einige Zeit aufwärts fliesst. Die Tiefe ist dem Posten Nowo-Mariinsk gegenüber sehr bedeutend: in der Mitte des Flusses 17—19 *m*; oberhalb dieser Stelle nimmt die Tiefe schnell ab, und der Kleinen Nerpitschi-Landzunge gegenüber beginnt die Flussbarre. Diese bildet in der ganzen Breite des Flusses eine mächtige Sandbank, welche sich bis zur Amerikanischen Landzunge aufwärts zieht. Trotz der mächtigen Breite des Flusses an dieser Stelle, die 3—6 *km* und mehr erreicht, ist seine Tiefe ganz unbedeutend. Man findet in der Mitte oft eine ganz seichte Stelle. Hier beträgt die Tiefe bei der Ebbe nicht mehr als $^3/_5$ *m*. Längs der Ufer finden sich tiefere Stellen, aber auch hier fahren die dortigen Bewohner nur bei hohem Wasserstande während der Flut. Das Flusswasser eignet sich dem Posten Nowo-Mariinsk gegenüber gar nicht zum Trinken, indem es stark mit Meerwasser vermischt ist; bei der Kedrowschen Landzunge ist das Wasser nach der Ebbe oder bei aufwärts wehendem Winde trinkbar; an der Amerikanischen Landzunge ist der Geschmack bisweilen noch bitter, oberhalb dieser Stelle macht sich der Einfluss des Meeres nicht mehr bemerkbar. Diese Mängel des Wassers ersetzt das süsse, wenn auch stehende Wasser der benachbarten Tundren und die an der Mündung überall angetroffenen, bisweilen mehrere Sashen dicken Schneelagen, die längs der steilen Ufer lagern. Sie entstehen durch die Schneestürme im Winter und tauen niemals vor Ende August auf.

Das Eis setzt sich auf dem Anadyr gewöhnlich zwischen dem 1. und 13. Juni in Bewegung; aber noch früher, nämlich vom 13. Mai ab, zeigen sich auf dem Flusse Eislöcher. Das gilt übrigens nur für den mittlern Lauf; an der Mündung bei dem Posten Nowo-Mariinsk bleibt das Eis oft bis Ende Juni stehen, und der Eisgang tritt bisweilen nicht vor dem 17. Juni ein. Er dauert nur einige Tage; darauf beginnt nach und nach Hochwasser einzutreten. Im Mittellauf steigt das Wasser um 4 *m* und mehr über das gewöhnliche Niveau und überschwemmt das Ufer stellenweise auf weite Ausdehnung. Nach zwei bis drei Tagen fällt das Wasser anfangs schnell, dann langsam; der Fluss tritt schon gegen den 22. Juni in seine Ufer zurück, aber erst nach Verlauf eines Monats, gegen den 22.—27. Juli, erreicht er sein gewöhnliches Niveau. Das erste Eis erscheint gewöhnlich vom 17.—22. September und wird gegen Ende dieses Monats (Anfang Oktober) fest.

Von den Flüssen, die sich in den untern Anadyr ergiessen, der Krassnaja, die aus einem See gleichen Namens kommt, und der

Boschaga, hat man keine Nachrichten, da sie niemand befahren hat. Nach ihrer Mündung und den Erzählungen der Tschuktschen zu urteilen, müssen diese Flüsse ziemlich bedeutend und mit kleinen Kähnen zu befahren sein.

11. Seen und Moore.

Stehende Seespiegelschwankungen (Seichen) auf dem Traunsee schildert E. Richter[1]), auf Grund von Angaben der registrierenden Flusspegel in der Nähe des Ausflusses der Traun aus dem See. »In den rund 770 Beobachtungsstunden, aus denen für die Zeit vom 10. Oktober bis 25. November Kurven vorliegen, zeigen nur ungefähr 300 Stunden einen ruhigen Seespiegel. Die ganze übrige Zeit schrieb der Pegel Schwankungen auf. Deren absoluter Betrag ist im Vergleiche zu den von Forel publizierten Kurven des Genfer Sees nicht gering, er beträgt allerdings meist nur 1 *cm* oder weniger; das Maximum steigt aber doch gegen 10 *cm*. Es trat in den durch starke Barometerschwankungen ausgezeichneten letzten Beobachtungstagen ein. Bewunderungswürdig ist die ausserordentliche Regelmässigkeit der Schwankungsperioden. Mit ganz verschwindenden Ausnahmen kommen immer genau fünf Schwankungen auf die Stunde; von einem Tiefstande zum andern verfliessen also 12 Minuten; in den meisten Fällen erfolgt das Sinken und Steigen selbst sehr rasch, während Hoch- und Tiefstand einige Minuten andauern. Es entstehen so Kurven (Schlangenlinien) von ausserordentlicher Regelmässigkeit. Wenn die Schwankungen stärker werden, zeigen die Kurven eine Knickung ungefähr bei mittlerem Stande, wo der Spiegel offenbar einen Augenblick verweilt (Seiches dicrotes?). Die Periode von 12 Minuten stimmt vorzüglich mit der Rechnung. Nach der vereinfachten Merianschen Formel (Forel, Léman, II, 78) ist die halbe Periode t einer Seiche $= \frac{l}{\sqrt{gh}}$, wobei l die Länge des Sees, g die Acceleration der Schwere, h die Seetiefe bedeutet. Bei einer Länge des Sees von 12 *km* und einer mittlern Tiefe von 90 *m* (Atlas der Alpenseen) ist $t = 6^m\ 53^s$.

Der Traunsee ist der erste See der Ostalpen, bei dem Seichen festgestellt wurden. Man wird jetzt kaum zweifeln dürfen, dass es nur der Aufstellung von Registrierapparaten bedarf, um auch an andern grössern oder ähnlichen Seen, wie dem Attersee, den oberitalienischen, dem Starnberger See u. s. w., die gleiche Erscheinung zu beobachten.«

Zufrieren der Seen[2]). Viele Seen zeigen die Eigentümlichkeit, dass einzelne Stellen beim Frieren ganz eisfrei bleiben oder

[1]) Petermann's Mitt. 1899. p. 41.
[2]) Naturwissenschaftl. Rundschau 13. p. 695.

erst sehr spät sich mit Eis bedecken, weshalb einige Stellen sehr dünn bleiben und dadurch dem Schlittschuhläufer gefährlich werden. Prof. F. A. Forel hat dieser Frage seine Aufmerksamkeit zugewandt und zeigt an dem Beispiele des Joux-Sees, dass bei sehr scharfem Froste während einer klaren Nacht der See plötzlich vollständig zufriert, ohne Stellen freien Wassers zu lassen; dass aber in milden Wintern, wenn das Gefrieren langsam und unregelmässig erfolgt, Tage und Wochen lang kleine Stellen in der Eisdecke offen bleiben, nur sehr spät zufrieren und dann eine viel dünnere Eisschicht annehmen als der übrige See. Diese Stellen sind schon von weitem kenntlich durch die schwarzen Züge wilder Enten, die in diesen offenen Stellen sich herumtummeln; sie wurden im letzten milden Winter noch gegen Ende Januar mehrfach beobachtet. — Für die Ursache dieses Offenbleibens einzelner Stellen sind viele Erklärungen gegeben worden. Man hat warme Quellen vermutet; diese müssten aber im Joux-See $+ 8^{0}$ haben, um bis zur Oberfläche ihre wärmende Wirkung zu äussern. Ferner müssten diese Stellen sich sowohl durch Nebelbildung, wie den Fischern durch Ansammlungen von Fischen in bestimmten Jahreszeiten kenntlich machen, was faktisch nicht der Fall ist. Eine andere Annahme, dass das Einmünden von Flüssen und Bächen durch die Strömung die Eisbildung verhindert, trifft nicht zu für Stellen, welche von den Mündungen weit abliegen. Ebenso wenig kann durch Zuflüsse warmes Wasser herbeigeführt sein, da solches zwischen 4^{0} und 0^{0} beim Frieren des Sees schwerer wird und zu Boden sinkt. Fette Stoffe, die von den Zuflüssen herbeigeführt werden, könnten, wie direkte Versuche zeigten, nur höchst minimale Wirkungen entfalten und die Beobachtungen keineswegs erklären. Endlich sind auch absteigende Winde und ihre höhere Temperatur wegen ihrer Unbeständigkeit nicht im stande, dieses Offenbleiben einzelner Stellen zu erklären, denn beim langsamen Zufrieren des Sees müssten die Winde stets auf dieselben Stellen wirken. Da somit alle möglichen Erklärungsversuche im Stiche lassen, ist Prof. Forel der Meinung, dass die Stellen flüssigen Wassers von der Anwesenheit der Scharen wilder Enten herrühren möchten, welche durch ihr beständiges Umherschwimmen das Wasser in lebhafter Bewegung erhalten und die tiefern, wärmern Schichten mit den kalten, oberflächlichen mischen, wodurch, wenn der Frost nicht sehr stark ist, die Eisbildung verhindert wird. Forel wünscht, dass durch Beobachtungen diese Erklärung geprüft werden möchte [1]).

Untersuchungen über die Wassertemperaturen im Kaspischen Meere hat J. B. Spindler angestellt. Aus seiner in russischer Sprache erschienenen Abhandlung giebt Fr. Immanuel folgenden Auszug [2]): Bezüglich der Wassertemperaturen des Kaspischen Meeres tritt die Erscheinung hervor, dass im Sommer bei gleichmässig hoher

[1]) Archives des sciences physiques et naturelles 1898. Ser. 4. 6. p. 187

[2]) Petermann's Mitt. 1899. Litteraturbericht No. 429.

Lufttemperatur das Wasser im östlichen, namentlich im nordöstlichen Teile des Meeres auffallend kälter ist als in den mittlern und westlichen Teilen. Nach ältern Berichten soll sich bei einer Luftwärme von 20—22° C. im Juli das Meerwasser zwischen Krasnowodsk und Karabugas binnen wenigen Stunden bis auf + 9° abgekühlt haben. Man suchte die Gründe in dem verschieden grossen Salzgehalte, in der schnellern Verdunstung, namentlich auch in der Annahme kalter Quellen auf dem Meeresboden; die beiden letzten Ursachen würden allerdings bei dem überaus flachen Wasser längs der kaspischen Ostküste ins Gewicht fallen. Verf. war 1897 eigens zur Vornahme von Untersuchungen über diese Frage kommandiert. Er verwirft die angeführten Gründe, namentlich stellte er den Salzgehalt der Meeresoberfläche auf eine gleichmässige Höhe von 1.40 % fest. An der Hand sorgsamer Beobachtungen fand er, dass die Windrichtung und die hierdurch hervorgerufenen Strömungen in der Nähe der Ufer die Veranlassung der Temperaturverschiedenheiten sind, indem die kältern untern Wasserschichten hierdurch an die Oberfläche gelangen. Im Sommer herrschen vorwiegend nordöstliche Winde über dem Kaspischen Meere, weshalb die obere Wasserschicht vom Ostufer weggetrieben und durch die kalten Schichten aus der Tiefe ersetzt wird.

Schlammabsatz im Vierwaldstättersee. Um Anhaltspunkte über die Menge und die Art des Schlammabsatzes in den Alpenseen zu erhalten, hat Prof. Albrecht Heim zunächst im Vierwaldstättersee Schlammsammelkästen versenkt, die an starken Kupferdrähten befestigt waren. Nach mehrern Fehlversuchen, wobei sechs Kasten auf Nimmerwiedersehn am Seegrunde liegen blieben, ist es ihm endlich am 7. April 1898 geglückt, zwei Kästen, die ein Jahr zuvor, nämlich am 12. April 1897 versenkt worden waren, zu heben.

Der eine von diesen Schlammsammelkästen war auf den flachen Boden des sogenannten »Urnersees«, bei Fledermauseggen oberhalb Rütli, ungefähr 250 *m* vom Ufer entfernt und 200 *m* tief versenkt worden. Es hatte sich darin während des Versenkungsjahres eine Schlammschicht angesammelt, die im frischen, nassen Zustande $1^1/_2$ *cm* dick war. Die Gesamtmenge des in dem Kasten (2862.25 *qcm* Sammelfläche) angesammelten Schlammes betrug im nassem Zustande 5495 *g*, getrocknet (bei 90—100°) 2747.5 *g*. Das ergiebt für das Quadratcentimeter Grundfläche 1,91 *g* nassen oder 0.95 *g* getrockneten Schlamm, entsprechend einer Thonschicht von ungefähr 3.8 *mm* in verfestigtem Zustande. Der Schlamm ist bläulichgrau, sehr zähe und nur zum geringsten Teile in Salzsäure löslich; die einzelnen Teilchen sind äusserst klein (0.007—0.0009 *mm* Durchmesser) und bestehen vorwiegend aus Quarz- und Glimmerpartikelchen. Leere Diatomeenschälchen (Cyclotella operculata Aq. am häufigsten) fanden sich allenthalben, aber nie als Hauptbestandteil; vereinzelt auch Buchenblätter und Tannennadeln.

Der andere Kasten war in dem Becken zwischen Treib und der sublacustrischen Moräne zwischen Treib und Schwibbogen, 250 *m* vom Ufer, 125 *m* tief, gleichfalls auf ebenem Seeboden versenkt worden. Hier betrug die Dicke des frischen, nassen Schlammabsatzes $7\frac{1}{2}$ bis stellenweise 8 *cm*! Der Schlamm war gebändert geschichtet, die Schichtung nur durch geringen Farbenwechsel sichtbar, bald etwas dunkler blaugrau, bald etwas heller. Es gelang nicht, die Schichten zu sortieren. Das Material war enorm zähe und haftend. Das Gesamtgewicht des nassen Schlammes in dem Kasten (2704 *qcm* Sammelfläche) betrug 34320 *g*, im getrockneten Zustande 19200 *g*. Jedes Quadratcentimeter Grundfläche hat hier in einem Jahre 12.66 *g* nassen = 7.14 *g* trockenen Schlammes erhalten; als verfestigtes Gestein gedacht, entspricht dies einer Schicht von ungefähr 28.5 *mm*! Dieser hohe Betrag erweckt fast den Verdacht, ob hier nicht etwa die Arbeiten für das Elektrizitätswerk an der Muotta mitgespielt haben, bei denen eine ungewöhnliche Masse von Schutt in die Muotta geworfen worden ist

Prof. Heim gedenkt, diese dankenswerten Versuche fortzusetzen, um auf diese Weise ein Jahresmittel zu erhalten. Hierdurch dürfte auch die letztaufgeworfene Frage entschieden werden [1]).

Über die Seen des Schwarzwaldes machte Dr. W. Halbfass Mitteilungen, die zum Teil auf eigenen Beobachtungen beruhen [2]). Diese Seen beschränken sich in der Hauptsache auf die höchsten Erhebungen des Gebirges: im Feldberggebiete liegen die beiden grössten Seen, der Titisee und der Schluchsee, ferner der Ursee und der Feldsee; am Belchenmassiv liegt der Nonnmattweier, im Kniebisgebiete der Elbachsee, Buhlbachsee und der Glaswaldsee, im Hornisgrindenstock, sämtlich an seiner Ostseite, der Wildsee, Mummelsee, Schurmsee, Hutzenbachersee und Herrenwiesersee, auf der Hochebene zwischen Murg und Enzthal die beiden Hohlochseen und die beiden Horn- oder Wildseen und endlich unweit Säckingen ganz vereinzelt nahe der Rheinebene der Berg- oder Scheffelsee. Zu diesen auch heute mit Wasser gefüllten Becken treten noch eine ganze Reihe erloschener Seebecken hinzu, dagegen bleiben hier ganz ausser Betracht die eigentlichen Weiher, sofern es sich um wesentlich künstlich entstandene Staubecken handelt.

Die beiden Hohlochseen liegen in etwa 950 *m* Seehöhe $\frac{1}{2}$ Stunde westlich von dem Forsthause Kaltenbronn, ihr Abfluss ist der Kegelbach, der nach kurzem Laufe mit über 400 *m* Gefälle bei der Sprollenmühle in die Enz mündet. Beide Seen, von denen der grössere etwa 2, der kleinere $\frac{3}{4}$ *ha* gross ist, sind durch einen künstlichen Damm getrennt; sie haben unzweifelhaft früher zusammengehangen. Als grösste Tiefe fand Verf. etwa 3 *m*, doch mögen

---

[1]) Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1899. p. 85.
[2]) Petermann's Mitt. 1898. p. 241.

wohl einzelne tiefere Löcher vorkommen, den grössern fand Halbfass (30. September 1897) fast ganz mit Schilf und Wasserpflanzen angefüllt, während der kleinere meist offenes Wasser hatte, das, obwohl es an sich völlig klar war, wegen des moorigen Untergrundes tief braunschwarz erschien und sich in die Forel-Ulesche Farbenskala durchaus nicht einreihen liess. Die beiden gleichfalls künstlich getrennten Hornseen, auch Wildseen genannt, liegen eine Stunde nordöstlich von Kaltenbronn in 908 *m* Seehöhe; die Grenze zwischen Baden und Württemberg durchschneidet den grössern südlich gelegenen See, der kleinere nördliche liegt ganz auf badischem Boden. Nach E. Paulus hat der grössere See einen Flächenraum von etwa $2^1/_5$ *ha*; Herzog Eberhard Ludwig liess ihn ausloten und fand 18 Fuss, Trigonometer Rieth 1835 4—10 Fuss. Die grösste Tiefe fiel in die nördliche Hälfte, die Tiefe nahm nach der Mitte allmählich zu. Regelmann giebt 5 *m* als grösste Tiefe an. Beide Seen werden vom Brothenaubach entwässert, einem der Quellflüsse der Eyach, welche 550 *m* tiefer unweit der Stadt Neuenbürg in die Enz fliesst. Nach Halbfass werden sich die vier kleinen Seen, trotz zunehmender Vertorfung noch auf lange Zeit hinaus mit Wasser gefüllt erhalten, sofern nur der ungeheuere Forst, der ihre Umgebung meilenweit dicht bedeckt, in diesem Umfange geschont bleibt, und zwar die Hornseen voraussichtlich länger als die Hohlochseen, die übrigens merkwürdigerweise auf der grossen Karte des badischen Schwarzwaldvereines in 1 : 50 000, Blatt II, bereits als erloschen erscheinen.

Über die Tiefen des Herrenwieser-, Schurm- und Hutzenbacher Sees lagen genaue Angaben bisher nicht vor. Die von Halbfass in den ersten Tagen des Oktober 1897 ausgeführten Lotungen wurden von einem Flosse aus bethätigt und ergaben für den Herrenwiesersee 30, für den Schurmsee 26, den Hutzenbacher See 19 *m*, für alle drei Seen nur mässige Tiefen, die am grössten beim Schurmsee ist. Dieser See, der jetzt etwas kleiner ist als der Herrenwieser, war aber vor noch nicht zu langer Zeit doppelt so gross. Die westliche Hälfte ist jetzt versumpft. Die grösste Tiefe liegt beim Schurmsee näher dem Ausflusse, beim Herrenwiesersee umgekehrt weiter davon entfernt, während der Hutzenbacher See ziemlich gleichmässig abgeböscht scheint. Die mittlere Böschung des Schurmsees stimmt ungefähr mit der seiner Seewand überein, dagegen beträgt der Abfall des Seekopfs beim Herrenwiesersee im Durchschnitte 21°, in seiner obern Hälfte sogar 31°, also beträchtlich mehr als die Seeböschung. Doch darf als sicher angenommen werden, dass bei gleichem Umfange alle drei Seen früher bedeutend tiefer, also auch steiler in die Umgebung eingesenkt gewesen sind als heute, dafür zeugt der meterdicke Humusschlamm, der den Seeboden bedeckt und über kurz oder lang den See gänzlich ausgefüllt haben wird, falls er nicht aus wirtschaftlichem Grunde künstlich wieder vertieft werden wird.

Für den Wildsee fand Dr. Halbfass 29 *m* Tiefe, als Maximaltiefe des Mummelsees 17 *m*. »Was die wahrscheinliche Entstehungsursache der Seen der Hornisgrindengruppe anlangt,« sagt Dr. Halbfass, »so ist die ältere Anschauung, dass sie entweder durch ungeheure Einstürze entstanden seien oder »Produkte eines durch die Lehnstuhlform beisammengehaltenen gewaltigen Bergrutsches«, also wesentlich tektonischen Ursprunges seien, jetzt allgemein, und zwar mit vollem Rechte, verlassen, denn die bisherigen geologischen Aufnahmen geben für diese Erklärung nicht den leisesten Anhalt. Es existieren in näherer, selbst in weiterer Umgebung der Seen keinerlei Schichtenstörungen; sie gehören sämtlich jenem Horizonte der Buntsandsteinformation an, in welchem Bergschlipfe am seltensten vorkommen, und liegen keineswegs an der Grenze des Urgebirges und Tertiärs, wie Arnsperger wenigstens für den Wildsee und den Hutzenbacher See anzunehmen scheint.

So bleibt als natürlichste Erklärung für die Entstehung dieser wie der übrigen Hochseen des Schwarzwaldes nur die übrig, sie als einen Folgezustand der Glazialzeit anzusehen. Auszugehen ist von der Thatsache, dass auch die Hochseen der Tatra, des Riesengebirges und Böhmerwaldes jetzt allgemein als Glazialseen angesprochen werden, dass insbesondere die Analogie mit den Vogesenseen, deren glazialer Ursprung sowohl am Grossen Stauweiher wie am Sternsee, am Darensee, am Forlenweiher, am Schwarzensee und namentlich auch am Belchensee zur Zeit eines ungewöhnlich tiefen Wasserstandes in untrüglichster Form durch L. van Werveke zum Teil in Gemeinschaft mit Benecke, Bücking und Schuhmacher erwiesen ist[1]), schwer in die Wagschale fällt. Speziell für die Seen der Hornisgrinde kommt weiter der Umstand in Betracht, dass sie sämtlich am Ostabhange des Hauptkammes liegen, der durch sanftere Neigung an und für sich für Gletscherbildungen günstiger ist als die schluchtartig nach Westen sich öffnenden Thäler, in denen der Schnee als Lawinen schnell zu Thal gefördert wird.

Die analoge Erscheinung treffen wir nicht nur in unsern übrigen deutschen Mittelgebirgen, sondern auch bei den Botnern Jotunfields, den Meeraugen der Tatra und den Hochgebirgsseen der Pyrenäen. Gleich Bayberger ist Verf. dagegen nicht der Ansicht, dass die vorherrschend westlich wehenden Winde, also atmosphärische Ursachen, von erheblicher Bedeutung für die Bildung der Seen gewesen sind. Was die direkten Beweise ehemaliger Vergletscherung in diesem Teile des Schwarzwaldes anlangt, so ist es damit recht schwach bestellt. Infolge der starken Verwitterung und der weichen Beschaffenheit des untern Buntsandsteines sind gekritzte Gesteine und geschliffene anstehende Felsmassen äusserst schwierig zu finden; Regelmann gelang es, letztere am Schwabbachweiher im Thale der kleinen Kinzig

[1]) Mitt. d. Geol. Landesanstalt für Elsass-Lothringen III. Heft 2. Strassburg 1892. p. 133 ff.

in 609 *m* zu finden. Häufiger sind transportierte geschliffene Blöcke angetroffen worden, aber weder dem Verf., noch dem Grossherzgl. Badischen Landesgeologen Dr. H. Thürach ist es gelungen, die »zahlreichen Gletscherschliffe« wiederzufinden, die nach Bayberger in den von der Hornisgrinde nach O, N und SO sich öffnenden Thälern so zahlreich sein sollen. Entscheidender für den glazialen Ursprung der Seen als die wenigen geschrammten Gesteinsproben, die man bis jetzt aufgefunden hat und vielleicht bei noch genauerem Durchsuchen finden wird, sind vielmehr die zirkus- oder kesselartigen Bergformen, in denen sie eingebettet liegen und die Zusammensetzung des das Wasser absperrenden Dammes. Letzterer trägt den deutlichen Charakter einer Endmoräne vor allem beim Mummelsee; dagegen ist beim Herrenwieser- und beim Wildsee der ursprünglich vorhandene Damm durch die künstliche Sperrung völlig zerstört worden, und bei den beiden übrigen Seen lässt lediglich die Form des den See abschliessenden Dammes, unterhalb dessen der Abfluss sich ein tief eingerissenes Bett gegraben hat, auf einen echten Moränenwall schliessen, so dass wir in diesen Fällen wieder auf die Analogie mit andern Schwarzwaldseen, wo direkte Aufschlüsse in dem Staudamme vorhanden sind, angewiesen sind. Günstiger liegt die Sache für den glazialen Ursprung in der in völliger Übereinstimmung mit verwandten Bergformen anderer Gebirge zirkusartigen Vertiefung des Terrains, welche, selbstverständlich der Zeit nach älter als der absperrende Damm, in allen Seen der Hornisgrinde sehr deutlich ausgeprägt ist. Überall finden wir einen von der Kreisgestalt nur wenig abweichenden Umriss; die scheinbaren Abweichungen davon, die beim Mummelsee und beim Herrenwiesersee vorkommen, sind nichts als ganz rezente, durch das ungleiche Zuwachsen von unten entstandene Neubildungen, die mit der ursprünglichen Form des Sees nichts zu thun haben. Die allmähliche Abnahme der Tiefe von der Seewand bis zum Ausflusse zu, die besonders deutlich erst beim Feldsee zu bemerken ist, legt Zeugnis ab von der aushobelnden Thätigkeit des Gletschers, welcher die zerkleinerten und zerriebenen Teile der Grundmoräne vor sich herschob und nach und nach zu Endmoränen anhäufte, wobei natürlich der der Seewand zugekehrte Teil des Zirkus als am längsten mit Eis erfüllte, am schlechtesten fortkam, d. h. am tiefsten blieb. Sehr wahrscheinlich diente das dem Gletscher reichlich entströmende Wasser dazu, den Boden weiter zu erodieren und zu verhindern, dass der Gesteinsschutt sich allzufrüh als Schranke des Seebeckens festsetzte. Wären die Seen der Hornisgrinde und die entsprechenden anderen Teile des Schwarzwaldes tektonischen Ursprungs, so wäre die immer in derselben Weise wiederkehrende Form ihrer Becken und die eigentümliche Bodengestalt ihrer Umgebung nicht zu verstehen, die nicht bloss bei den gedachten Seen, sondern auch bei Hunderten von wohlgerundeten, zirkusähnlichen Thalschlüssen vorkommt, deren Regelmann a. a. O. allein für die Gegend der obern Kinzig eine grosse Zahl nachweist. Dass diese nicht mehr mit

Wasser gefüllt, sondern längst ebene Wiesenflächen geworden sind, rührt ohne Zweifel zum Teile wenigstens daher, dass die in die See hineinstürzenden Bäche allmählich die schützende Endmoräne weggerissen und in das Thal hinab befördert haben. Daher sind auch die Abschlussdämme des Mummelsees, des Elbachsees und des Feldsees so viel besser erhalten als die der andern kleinen Seen, weil diese Seen keine oberirdischen, sondern nur Quellzuflüsse besitzen. Aus der verschiedenen Höhenlage der Seen lässt sich der Schluss ziehen, dass der Rückzug der Gletscher nach und nach vor sich ging. Die untere Firngrenze der dritten Eiszeit wird man etwa bei 670 *m* setzen, wie die von Regelmann untersuchten blinden Wannen des Kinziggebietes ergeben; die obere Grenze ist durch das Kar des Mummelsees angedeutet.«

Von den Kniebisseen sind drei zu erwähnen: der Glaswaldsee, auch Wildsee genannt, der Elbachsee und der Buhlbachsee, welche auch alle der Buntsandsteinformation angehören. Der Glaswaldsee, den Wildsee an Grösse ein wenig übertreffend, liegt ziemlich genau in der Mitte zwischen dem Wolf- und Renchthal, von den beiden Bädern Rippoldsau und Petersthal je zwei Stunden entfernt. Der höchste Punkt der westlich vorgelagerten Seewand liegt etwa 110 *m* über dem See; ihre Böschung beträgt durchschnittlich ca. 29^{0}, die des Sees nur etwas über 9^{0}, doch beweisen die vielen in ihm liegenden Baumstämme und der moorige Grund, dass auch er einst bedeutend tiefer war und durch nachträgliche kleine Einstürze von oben, die noch jetzt nicht selten sind, und durch allmähliche Vertorfung immer mehr von seiner Tiefe eingebüsst hat, weshalb auch der Plan besteht, ihn gänzlich leer laufen zu lassen und den Seeboden zu bepflanzen. Von historischem Interesse ist die bei der Fürstl. Fürstenbergischen Kammer zu Donaueschingen in den Akten beglaubigte Thatsache, dass er im Jahre 1743 ausgebrochen und im Seebachthale Brücken und Wege zerstört hat. Seit dieser Zeit scheint ein Ausbruch nicht wieder vorgekommen zu sein. Halbfass fand die schon von Sauer ausgesprochene Annahme bestätigt, dass er ein überaus seichtes Gewässer ist, welches nur in einem verhältnismässig kleinen Gebiete nach der Südwestecke — der Seewand zu — etwas über 10 *m* tief wird; er besitzt daher trotz grössern Areals ein geringeres Volumen als der württembergische Wildsee. Der Abfluss des Sees ist der Seebach, der nach etwa zweistündigem Laufe mit 400 *m* Gefäll (!) bei dem Wirtshaus »vor Seebach« in die Wolfach mündet; oberirdische Zuflüsse sind nicht vorhanden, auch ist die Existenz unterseeischer Quellen deshalb unwahrscheinlich, weil er bis auf den Grund auffallend warm ist, und er im Winter sehr zeitig, meist schon Anfang Dezember, zufriert. Er scheint also lediglich auf Zuwachs durch die Atmosphärilien angewiesen zu sein und daher, wenn man noch seinen moorigen Boden in Betracht zieht, weniger Aussicht auf ein langes Leben zu haben, als seine übrigen Schwarzwaldgenossen. In dem künstlich errichteten Damme sind

mit einiger Mühe noch die durch feinen Schutt verbundenen Buntsandsteinblöcke zu sehen, welche die moränenartige Natur des natürlich vorhandenen Dammes dokumentieren.

Der Titisee, der grösste Schwarzwaldsee, besitzt nach den von Halbfass im Oktober 1897 vorgenommenen (222) Lotungen ein überaus einfaches und regelmässiges Bodenrelief, er stellt nämlich eine von allen Seiten nach der Mitte zu schwach abfallende Mulde dar, deren tiefster Punkt (40 *m*) vom obern Ende 1000 *m*, vom untern Ende 900 *m*, vom Westufer 250 *m*, vom Ostufer 350 *m* entfernt liegt, also ungefähr seine Mitte bildet. Wenn man aber die westlich vom See gelegene Ebene hinzurechnet, die kaum 1—2 *m* höher als das heutige Niveau des Wassers liegt und unzweifelhaft einst zum See gehört hat, so erreicht der Titisee eine Länge von 4300 *m*, und seine heutige grösste Tiefe liegt dann dem Ostende beträchtlich näher als dem Westende. Das von der Isobathe 40 *m* umschlossene Areal umfasst übrigens nur 2 % der Gesamtfläche, und selbst die Isobathe 30 *m* umspannt noch nicht 30 % des Areals, so dass der Titisee nur eine schwach ausgeprägte Sohle besitzt und im Zusammenhange damit nur eine mittlere Böschung von $6^1/_4{}^0$ besitzt. Entgegen der gewöhnlichen Regel senkt sich das höhere Ostufer weniger steil in den See als das flachere Westufer. Der Titisee nimmt den Abfluss des Feldsees auf, sein Ausfluss, anfangs Gutach genannt, vereinigt sich oberhalb Oberlenzkirch mit der Haslach, heisst dann Wutach und ergiesst sich oberhalb Waldshut in den Rhein. Über die Entstehung des Titisees existiert wohl kaum noch eine Meinungsverschiedenheit, denn das ganze Wutachgebiet mit den damit zusammenhängenden Gebieten der Dreisam und Haslach bildet die grösste Ansammlung von glazialen Schuttmassen im Schwarzwalde. Auf dem linken Hange des Titisees befinden sich zahlreiche, teilweise sehr schön geschliffene und geritzte Blöcke von Granit und Feldseeporphyr.

Der an der Ostseite des mächtigen Feldbergstockes auf dem Grunde eines bis 250 *m* tiefen Felsenkessels eingebettete Feldsee ist trotz seiner geringen Grösse (noch nicht 10 *ha*) der drittgrösste See des Schwarzwaldes, zugleich der einzige, der wirklich den Eindruck eines Hochgebirgssees macht und mit dem grossen Teiche im Riesengebirge, allenfalls mit den Felsenzirkusseen der Pyrenäen, einem lac d'Artouste oder lac d'Oo einen Vergleich aushält. Die auf Grund von 61 Lotungen (mittels der Lotmaschine) von Halbfass ermittelte Maximaltiefe von 32 *m* liegt dem steilen Südwestufer bedeutend näher als dem flachen Ostufer; es unterliegt für den Verf. keinem Zweifel, dass der Feldsee ursprünglich weit tiefer gewesen ist und im Laufe der Zeit durch die von den steilen Wänden des Kessels massenhaft heruntergekommenen Felstrümmer immer mehr ausgefüllt wurde, und dass er nur durch den ihn früher bedeckenden Gletscher vor frühzeitiger vollständiger Ausfüllung bewahrt wurde. Von allen Schwarzwaldseen besitzt der Feldsee die steilste mittlere

Böschung und im Gegensatze zum Titisee und Schluchsee eine wirkliche Sohle (plafond), denn die Isobathe von 30 *m* umspannt dort 20 % des Gesamtareals, beim annähernd gleich tiefen Schluchsee nur 5 %.

Verwickelter als der Seeboden des nur etwas grössern Titisees ist der des Schluchsees, welcher bei mittlerem Wasserstande — für die Zwecke der im Beginn des Schwarzathales erbauten Holzstofffabrik können Niveauunterschiede bis zu 3 *m* hervorgebracht werden — eine Maximaltiefe von 33 *m* besitzt, und zwar etwa 900 *m* vom nordöstlichen, 2100 *m* vom südwestlichen Ende entfernt, dem nordwestlichen Ufer etwas näher als dem entgegengesetzten.

Von den erloschenen Seebecken des Feldberggebietes ist das Scheibenlechtenmoos, ein etwa 2 *ha* grosses sumpfiges Terrain in 1099 *m* Seehöhe im Gneisgebiete, westlich überragt von dem 250 *m* höhern Spieshorn, ein sehr charakteristisches Beispiel eines ehemaligen kleinen Zirkussees, der sowohl im N wie im S von sehr steilen Berghängen eingefasst ist. Der ihn ehemals stauende Wall, welcher noch ausgezeichnet erhalten ist, hat eine nur mässige Höhe von wenigen Metern, der Abfluss, der sogenannte Schleifbach, ergiesst sich bei Menzenschwand-Vorderdorf in die Menzenschwander Alb. Im Thale eben dieses Flusses finden sich deutliche Endmoränen $^1/_2$ Stunde oberhalb Menzenschwand-Hinterdorf an einer Stelle ausgeprägt, »in der Kluse« genannt. Ein weit ins Thal vorspringender Schutthügel, über dessen glaziale Natur ein vorhandener Aufschluss kein Zweifel lässt, hat hier einst einen nicht unansehnlichen See gestaut; der Damm, welcher früher zur Stauung des Baches benutzt wurde, war mit einem Schleusenthore versehen, dessen Reste noch jetzt zu sehen sind.

Im Belchengebiete begegnen wir nur einem einzigen natürlichen Seebecken, es ist der etwa $4^1/_2$ *ha* grosse Nonnmattweier in 915 *m* Seehöhe am Ostfusse des 315 *m* höhern Kohlgarten gelegen, die eigentliche Seewand im SW ist aber nur ca. 100 *m* hoch. Dieser See ist nach den Lotungen, die Verf. vornahm, absolut wie relativ der flachste Schwarzwaldsee; seine mittlere Tiefe beträgt kaum 3 *m* und nur innerhalb der mit Gesträuch bewachsenen ehemals freischwimmenden Torfinsel existiert eine Anzahl Löcher bis etwa 7 *m* Tiefe. Auf Laien macht der See durch das eigenartige wallförmige Ostufer den Eindruck eines Kratersees, doch kann von vulkanischen Einflüssen keine Rede sein, vielmehr ist auch hier der glaziale Ursprung sehr wahrscheinlich.

Eine halbe Stunde nördlich von Säkkingen liegt in Laubwald eingehüllt der Wald- oder Scheffelsee, der an Grösse unter den Schwarzwaldseen an vierter Stelle steht. In der Ostecke besitzt er eine natürliche Insel, welche sein Bodenrelief beeinflusst; von seinen beiden Zuflüssen ist der natürliche, das Seebächle im Westen, unbedeutend, der östliche, die Heidenmuhr, ist künstlich von seinem Laufe durch die Mettlermatten abgezweigt und gezwungen worden, den See

zu durchfliessen, damit die Fabriken, welche sich weiter abwärts angesiedelt haben, das Wasser des Baches besser ausnützen können. Die Stauung ist in den letzten Jahren wiederholt erhöht worden.

Die Messungen der Temperatur, welche in den meisten der erwähnten Seen vorgenommen wurden, sind zu wenig zahlreich, um sichere Rückschlüsse aus ihnen ziehen zu können. Bis auf zwei Reihen von Messungen im Schluchsee und eine Serie im Scheffelsee fanden sie sämtlich im Oktober 1897 statt und ergaben für die flachen Seen (Herrenwieser-, Schurm-, Hutzenbachersee) eine deutlich wahrnehmbare Sprungschicht nahe der Oberfläche, welche beim zuerst genannten See so energisch ausgeprägt war, dass innerhalb eines halben Meters von $1^1/_2$ zu 2 *m* die Temperatur um 3° abnahm, für die tiefern Seen eine solche in bedeutend grösserer Tiefe.

Die Seen des Böhmerwaldes behandelte Paul Wagner in einer geologisch-geographischen Studie, die zugleich einen Beitrag zur Lösung des Karproblems bieten soll[1]). Zusammenfassend bemerkt Verf. zur Topographie folgendes:

1. Die Höhenlage der Seen bewegt sich nur zwischen engen Grenzen; sie schwankt zwischen 925—1093 *m*, also nur innerhalb eines 168 *m* breiten Gürtels. Nachbarseen liegen nahezu in demselben Niveau, so dass wir folgende Paare erhalten:

Arberseen	9 *m*	Differenz
Schwarzer und Teufelssee	22 »	»
Lakka- und Stubenbacher See . . .	17 »	»

Der Rachelsee und der am höchsten gelegene Plöckensteinsee bilden zwei isolierte Etagen. Das Bild ändert sich nur wenig, wenn wir anstatt der Höhe der Seespiegel die Sohlenhöhe einsetzen.

2. Alle Seen sind (in derselben Weise wie im Schwarzwalde und in den Vogesen) eingesenkt unterhalb der höchsten Gipfel des Gebirges, die sämtlich über 1300 *m* hoch liegen. Wenn wir für den Rachelsee nicht den Rachelgipfel, sondern den 1300 *m* hohen anschliessenden Rücken als Höhepunkt der Seewand ansehen, so erhalten wir für sämtliche Kulminationspunkte nur eine Schwankung von 1300—1391 *m*.

3. Daraus folgt, dass auch die relative Höhe der Seewände eine sehr gleichartige ist und den übereinstimmenden landschaftlichen Charakter der Becken bedingt.

4. Alle Seen — mit Ausnahme des Rachelsees — sind nach N bis O exponiert, eine Thatsache, die bereits von Partsch und Bayberger hervorgehoben und in nicht überzeugender Weise mit den begünstigten Schneeanhäufungen im Wind- und Sonnenschatten in Beziehung gesetzt wurde.

5. Nach ihrer Flächengrösse gehören die Seen zu den kleinsten derartigen Becken; ihr Areal schwankt zwischen 2.5—'18 *ha*. (Fischsee in der Tatra 33 *ha*, Weisser See in den Vogesen 29 *ha*).

6. Die Niederschlagsgebiete, die zum Teil künstlich vergrössert sind (Rachelsee), schwanken zwischen 50—220 *ha*.

7. Setzen wir die Grösse der Niederschlagsgebiete in Vergleich zu den Seearealen, so erhalten wir interessante Beziehungen zum Grade der Versumpfung. Je bedeutender die relative Grösse des Niederschlagsgebietes, desto mehr wird dem See Ausfüllungsmaterial zugeführt, desto rascher muss also der Prozess der Verlandung vorwärtsschreiten. Und in der That

[1]) Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig. 4. Leipzig 1899.

stehen die gefundenen Zahlen beinahe im reziproken Verhältnis zu den mittlern oder Maximaltiefen. Wenn beim grossen Arbersee das Niederschlagsgebiet das 50fache, beim Rachelsee das 40fache der Seefläche beträgt, wird naturgemäss die Verlandung rascher vor sich gehen, als beim Schwarzen See, wo wir nur das Verhältnis 1:5.7 finden.

8. Die Tiefe der Seen erscheint uns in verschiedenem Lichte, je nach dem Vergleichsobjekte, zu dem wir sie in Beziehung setzen. Ein Blick auf die Profile belehrt uns, dass die Tiefen ausserordentlich gering sind im Vergleiche zur Höhe der Seewände. Selbst der tiefste, der Schwarze See, wird durch seine Seewand noch um das 8.5fache übertroffen, ähnlich der Teufelssee. Noch viel bedeutender ist die Differenz beim grossen Arber- und Rachelsee, wo sie das 27—29fache beträgt — ganz abgesehen von den beiden Seen, die mehr den Charakter eines abgedämmten Flusses tragen. Solche Betrachtungen sind geeignet, die landläufigen Vorstellungen von der Unergründlichkeit der Seebecken abzuschwächen.

9. Anders gestaltet sich das Verhältnis, wenn wir das Areal berechnen, das durchschnittlich auf 1 *m* Tiefe kommt. Geistbeck giebt als Mittel für Vorlandseen 78.8 *ha*, für Gebirgsseen 17.09 *ha*, für den Urnersee 8.77 *ha* und knüpft an diese Zahlen die Behauptung, dass alle Vorlandseen relativ seicht sind. Unsere Seen zeigen bei dieser Betrachtung bedeutend grössere Tiefe. Bei keinem See erreicht das Areal pro 1 *m* Tiefe auch nur 0.5 *ha*, beim Stubenbacher See, der im Verhältnis zu seiner Grösse die bedeutendste Tiefe besitzt, nicht $^1/_4$ *ha*.

10. Die Beckenformen zeigen durchaus nicht die Einheitlichkeit, die man erwarten konnte. Der Schwarze See z. B. hat eine tiefe Wanne direkt unter der Seewand und nach vorn nur ein flaches Ansatzstück. Der Stubenbacher und Teufelssee haben die regelmässigste Beckenform mit der Maximaltiefe in der Mitte, ebenso der Rachelsee, wenn wir die künstliche Stauungsfläche entsprechend reduzieren. Der Plöckensteinsee endlich hat seine tiefste Stelle weit vorn, in der Nähe des Ausganges. Die übrigen Seen erscheinen als langgestreckte, abgesperrte Thalwannen von geringer Tiefe.

11. Das Volumen des Wassers schwankt bei den verschiedenen Seen zwischen $^1/_4$ und 3 Millionen Kubikmetern.

12. Der Seebach fliesst mit einer Neigung von ca. 10° abwärts, so dass am Ausflusse desselben eine Gefällsknickung des Thales vorhanden ist.

Formentypus der Böhmerwaldseen.

Wenn wir die Seebecken des Böhmerwaldes jetzt unter die Klasse der Kare einreihen, so fassen wir diesen Begriff etwa in dem Sinne, wie ihn **Penck** in seiner Morphologie giebt: »eine nischenförmige Einbuchtung im Gebirgsgehänge, welche sich ähnlich wie ein zirkusförmiger Thalschluss in die Gebirgskämme eindrängt, aber sich nicht in die Thäler fortsetzt, sondern isoliert gewöhnlich nahe den Scheidelinien gelegen ist.«

Thermische Erscheinungen.

1. Alle Zuflüsse der Seen zeigten eine fast übereinstimmende Temperatur von 9—10°. Wurden dieselben dagegen direkt an der Quelle gemessen, so stellten sich nur 4—5° heraus.

2. Alle Abflüsse hatten wesentlich höhere Ziffern. Je nachdem zufällig erwärmenden Einflusse betrug die Temperaturerhöhung 3—5°. Einige Kilometer bachabwärts geht jedoch dieser Wärmegewinn wieder verloren und die Wassertemperatur nähert sich wieder der der Zuflüsse.

3. Die Lufttemperaturen waren bei der herrschenden Witterung meist niedriger als die des Wassers. Es erhellt daraus, dass die Seen oft für die Umgebung zu einer Wärmequelle werden. Ob daraus aber eine klimatische und phänologische Bedeutung für die Uferlandschaft herzuleiten ist, steht bei der Kleinheit der Becken sehr in Frage.

4. Alle Seen sind kalt; denn wir finden in allen eine mehr oder weniger mächtige Schicht von 4—5° C. In zwei Fällen wurde diese Temperatur selbst noch an der Oberfläche im Juni und Juli nachgewiesen

Die Seen sind kalt, auch im Verhältnis zu dem sonst ganz gleichgearteten Weissen See bei Urbeis, der ungefähr in derselben Jahreszeit erst bei 17 *m* Tiefe seine Sprungschicht zeigte. Nach Richter ist überall da die Hauptmasse des Wassers nahe der Temperatur der Maximaldichte desselben, wo die Wintertemperatur der Luft längere Zeit unter 0° sinkt. Wenn der höchste Grad der Erwärmung (nach Richter) Ende August fällt, so haben wir einen weiteren Beweis für die Kälte der Seen. Unsere Erfahrungen am Stubenbacher und Lakkasee berechtigen uns zu der Annahme, dass wir es hier nicht nur mit einer Konservierung der Wintertemperatur und der Abkühlung durch Schmelzwässer bis in den Frühsommer zu thun haben, sondern dass unterseeische Quellen fortwährend neues, kaltes Wasser zuführen.

5. Bei der kühlen Spätsommerwitterung, in der die Untersuchungen stattfanden, konnten überall vier Regionen unterschieden werden:

a) eine Oberflächenschicht mit langsamer Wärmeabnahme,
b) eine Sprungschicht, in der die Temperatur rapid auf ca. 7.5° sinkt,
c) eine Übergangsschicht, mit langsamer Abnahme bis zu 5°,
d) eine Tiefenschicht mit nahezu konstanter Temperatur von 5—4.5°.

In der Sprungschicht war meist oben eine etwas raschere Abnahme, als unten.

6. Die seichten Seen wiederholen das Bild der tiefen, nur gedrängter. Naturgemäss hat der tiefste See auch die mächtigste erwärmte Oberflächenschicht. Die Kurven der seichten Seen kreuzen sich bei 3 *m* Tiefe, in der sie alle 12° zeigen.«

Der Standpunkt der bathometrischen Erforschung der italienischen Seen wurde von Dr. Giovanni de Agostini geschildert[1]). Die ersten Seen, welche in Italien methodisch untersucht wurden, sind der Moncenisio-, der Avigliana- und der Trana-See. Die Lotungen wurden im Jahre 1865 vom Geometer L. Dallosta vollzogen, welcher auch eine bathometrische Karte aller dieser Seen entwarf.

Im Jahre 1867 wurde vom Ingenieur G. Spezia der Mergozzo-See erforscht; im Jahre 1884 die Seen von Varese, Biandronno, Varano und Monate von dem Ingenieur G. Quaglia. In demselben Jahre erforschte der Ingenieur F. Salmojraghi den Iseo-See, und im Jahre 1887 wurden die Lotungen im Lago Maggiore (Langen-See) und Garda-See durch das k. hydrographische Marine-Amt vollendet.

Es folgte im Jahre 1893 die Erforschung des Cavazzo-Sees von dem Prof. O. Marinelli, des Piediluco-Sees von Attilio Mori; derjenigen von Candia und Viverone vom Verf.; im Jahre 1894 der Seen von Alserio, Pusiano und Annone von Dr. S. Crotta; des Lago Morto, des Sees von Santa-Croce und des Lago die Lago von O. Marinelli, des Orta-Sees vom Verf.

Prof. O. Marinelli untersuchte im Jahre 1895 den Aleghe-See, und den Pergusa-See im Jahre 1896; in demselben Jahre begann Verf. die Lotungen an dem Bolseno-See, die er im Jahre 1897 zu Ende führte; im Jahre 1897 vollzog derselbe ferner die Aufnahme der römischen Seen von Vico, Martignano, Bracciano, Albano und Nemi.

[1]) Verhandlg. d. 7. Internationalen Geographenkongresses zu Berlin 1899. Potonié's Wochenschr. 1899. p. 490.

Im verflossenen Jahre beschäftigte er sich mit dem Studium der Seen von Canterno, Matese, Averno, Monticchi, S. Giovanni Rotondo, Fimon, Idro, Endine, Mezzola, Garlate und Olginate.

Während eines Teiles der Jahre 1898 und 1899 erforschte Verf. den Como-See. Auf Grund von etwa 5000 vollzogenen Tiefenmessungen wurde es ihm möglich, eine ausführliche bathometrische Karte im Massstabe von 1:25000 zu verfertigen. Diese grosse Karte (etwa 5 *qm*) mit Wasserfarben gezeichnet, und mit Tiefenlinien (Isobathen) von 25 zu 25 *m*, war im Monat Juni in der Ausstellung von Como ausgestellt; unglücklicherweise wurde sie in dem Brande am 8. Juli vom Feuer vernichtet. Den Bemerkungen, die zu der Zusammensetzung dieser Karte gedient hatten, sind folgende Angaben entnommen, welche sich auf die Bodenformen dieses allbekannten italienischen Sees beziehen. Der Boden des Comer-Sees ist aus zwei besondern Becken gebildet: das erste reicht von der Mündung des Adda-Flusses (Colico) bis Lecco; das andere umfasst den ganzen Teil von Belaggio-Griante bis Como.

Das Becken von Colico-Lecco fängt mit schwacher Neigung an; $^1/_2$ *km* weit von der Mündung der Adda hat es eine Tiefe von 50 *m*; zwischen Colico-Trezzone 100 *m*; zwischen Domaso-Montecchio-Sud 150 *m*; zwischen Musso-Olgiasca 200 *m*. Von hier und durch 4 *km* nach Süden ist der Seeboden fast eben, dann zwischen Dervio und Rezzonico, wo das Becken sich verengt, bildet er eine unterseeische Erhöhung: die maximale Tiefe ist hier 197 *m*.

Von Dervio bis Bellagio scheint in ersichtlicher Weise der Zentralboden abgeschlossen von einer unterseeischen Erhöhung nach der Tremezzina und geöffnet nach Lecco bis Onno-Mandello, wo sich eine zweite unterseeische Erhöhung befindet. Die grösste Tiefe dieses breiten Bodens (Bellano—Punta di Gaeta—Menaggio—Bellaggio—Fiumelatte—Varenno—Punta di Moreate) ist 286 *m*.

Bei der Einmündung des Seezweiges von Lecco fängt der Boden zu steigen an: zwischen S. Vito—C. Pianca ist die Tiefe 250 *m*, zwischen Castello di Lierna—Madonna del Moletto 200 *m*; zwischen Olcio—Vassena 150 *m*, und 102 *m* zwischen der Mündung des Flusses von Mandello und Onno, wo der See sich zu verengen anfängt. Südlich von Mandello fällt der Boden bis 132 *m*, um fast gleich wieder aufzusteigen bis 123 *m* bei Punta di Abbadia sopr'Adda. Von dieser letzten Erhöhung bis Lecco ist die grösste Tiefe von 148 *m* gegenüber den Fornaci bei Osteria della fame. Dann steigt der Boden des Sees stufenweise bis Lecco, wo die Gewässer ihren Abfluss durch die Adda haben.

Das Comer Becken ist das tiefste: Es fängt mit 144 *m* an bei der Einmündung des Seezweiges von Como zwischen Bellagion-Griante und fällt dann äusserst rasch. Der Boden ist 200 *m* tief zwischen Cadenabbia und Villa Melzi, 250 *m* zwischen Villa Carlotta und San Giovanni, 300 *m* zwischen Tremezzo und Villa Bezzano, 350 *m*

zwischen Azzano und il Ponte del Diavolo, 400 *m* zwischen Argegno und Punta della Cavagnola; zwischen hier und Nesso erreicht der See seine grösste Tiefe in 410 *m*.

Die Tiefen von 400—410 *m* befinden sich zwischen Argegno—Punta della Cavagnola und dem Stapelplatz Torrigia—Val di Nera: das ist längs einer Strecke von 6 *km*. Von hier an nehmen die Tiefen ab: 350 *m* zwischen Germanello und Quarzano, 300 *m* zwischen Laglio und Pognana, 250 *m* zwischen Punta di Torno und Punta di Moltrasio, 200 *m* zwischen Villa Taverna und Vergonzano, 150 *m* zwischen Villa Trubezkoi und dem Stapelplatze Cernobbio, 100 *m* zwischen Punta di Geno und Villa Flori, 50 *m* zwischen Punta di Geno und Villa l'Olmo nicht weit von Como.

Hochseen in den Pyrenäen. Ét. Ritter und A. Delebecque haben im August 1898 in den Pyrenäen 22 bisher noch nicht näher bekannt gewesene Hochseen ausgelotet. Von den elf in dem Massif de Carlitte (Ostpyrenäen) gelegenen ist der Lac Noir mit 24.5 *m* der tiefste, während sich der Lac de Pradeilles und der Lac de las Dongues dadurch auszeichnen, dass sie sowohl nach Frankreich, als nach Spanien abfliessen, nämlich zugleich in die Tet und die Sègre (einen Nebenfluss des Ebro); vier Seen liegen in der Nähe von Barèges (Dép. Hautes-Pyrénées), deren tiefster, der Lac de Louey-Négré (34.1 *m*), zugleich ausserordentlich durchsichtig ist; die Sichttiefe der Secchi'schen Scheibe beträgt in ihm 19.5 *m*. Fünf Seen endlich liegen in den Westpyrenäen unweit vom Pic du Midi d'Ossau; der Lac Barsaou (32.5 *m* tief) fliesst unterirdisch ab. Bis auf den Lac d'Oucet (II. Gruppe), der durch Erdstürze entstanden zu sein scheint, und den Lac Barsaou, sowie den Lac Rosnascot (III. Gruppe), die den Charakter von Karstseen tragen, sind die übrigen Seen als Glazialseen zu betrachten [1]).

Der Ngami-See in Südafrika ist 1896 von S. Passarge besucht worden [2]). Die weite Wasserfläche, die sich dort einst ausdehnte, ist verschwunden, und an ihrer Stelle dehnt sich eine braune, tote Schilffläche aus, deren trügerischen Boden man nur mit Vorsicht betreten darf. Denn man versinkt in dem weichen, aus thonigem, aschenreichem Staube bestehenden Boden, der die Lücken zwischen den Wurzeln des Rohres ausfüllt. Zwar enthält der See in seiner Tiefe noch Grundwasser, allein die Brunnen sind meist etwa 20 Fuss tief, und das Wasser ist oft brackisch. Früher rollte der Tauche-Fluss seine Fluten in den Ngami, und Andersson, der erste Reisende, der diesen Fluss befuhr, schildert ihn als tief, wenn auch wenig breit. Heutzutage sind die Arme dieses Flusses, die sich einst in den Ngami ergossen haben, trocken, der Fluss versiegt etwa 20 miles nördlich vom See. Da aber der Tauche das Wasser für den Ngami

---

[1]) Geogr. Zeitschr. No. 2.
[2]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1899. No. 4. p. 197.

lieferte, so trocknete der See sehr schnell aus. Dieser Austrocknungs-Prozess ging im Laufe der letzten zehn Jahre rapid vor sich. Denn vor etwa zehn Jahren erreichte der Tauche zum letzten Male den See. Im Jahre 1896 war derselbe bereits verschwunden, und jetzt durchqueren ihn schon an einzelnen Stellen Fusspfade. Die Ursache der Trockenlegung beruht auf der allmählichen Wasserabnahme des Okavango, einem Prozess, der mit der nachweislich seit Tausenden von Jahren stattfindenden Trockenlegung des zentralen Südafrika zusammenhängt. Aber die plötzliche, d. h. in wenigen Jahren eingetretene Trockenlegung der letzten Arme der Tauche, beruht angeblich auf künstlicher Verstopfung durch die Tausende von Schilfflössen, auf denen die abhängigen Makoba den jährlichen Tribut an Korn zur alten Batauana-Hauptstadt Denokana schafften. Indem eine grosse Anzahl dieser Flösse alljährlich an einer bestimmten Stelle des Tauche, wo derselbe nicht mehr schiffbar wurde, oberhalb der alten Stadt Denokana in dem Flussbette liegen blieb, wurde letzteres durch Versandung verstopft und die flussabwärts gelegenen Arme trocken gelegt. Diese interessante Erklärung geben die Eingeborenen selbst.

Einmal des regelmässigen Zuflusses beraubt, trocknete der See schnell aus. Das Schilf starb ab, der Boden trocknete aus, der Anbau von Korn, der früher in dem abgebrannten Röhricht in grossem Umfange stattfand, wurde unmöglich. Die zahlreichen Dörfer wurden verlassen, und jetzt sind die Ufer des Sees nahezu unbewohnt. Feldbau existiert an ihm überhaupt nicht mehr, nur einige Vieh-Kraale sind in seiner Nähe zu finden.

Das Land hat damit einen Schritt in der Entwickelung weiter gethan, die es seit vielen tausend Jahren gegangen. Das Verlorene ist unwiederbringlich verloren. Nie wird der See wieder mit Wasser angefüllt werden, selbst wenn man die verstopften Arme des Tauche öffnen wollte; denn der ausgetrocknete pulverige Boden würde so viel Wasser verschlingen, dass auch der Tauche zur Anfüllung des ganzen Beckens kaum ausreichen würde.

Grösste Tiefe des Nyassa-Sees. Die Morre'sche Expedition hat durch Lotungen auf dem Nyassa eine grösste Tiefe von 785 *m* festgestellt. Seit der ersten Befahrung des Sees durch Livingstone war es bekannt, dass im Nyassa grosse Tiefen vorhanden sind, doch waren seitdem alle gelegentlichen Versuche, die Maximaltiefe ausfindig zu machen, an der unzureichenden Länge der Lotleinen gescheitert. So hatten Leutnant Gurney's Messungen in der nördlichen Hälfte des Sees ergeben, dass dort auf einer beträchtlichen Fläche die Tiefe 550 *m* übersteigen müsse Der Süden erschien flacher, immerhin hatte Dr. Cross auch hier an einer Stelle in 360 *m* noch keinen Grund gefunden. Wo die von Morre gemessene grösste Tiefe des Nyassa liegt, geht aus seinem kurzen Berichte an die Londoner Geographische Gesellschaft nicht hervor [1]).

---

[1]) D. Rundsch. f. Geogr. 1899. p. 92.

Das Gebiet der Seen Sselety-Denyis, Teke und Kysyl-kak südlich von Omsk ist von L. Berg, W. Jelpatewski und P. Ignatoff 1898 untersucht worden. F. Guse giebt von den Ergebnissen folgenden kurzen Bericht[1]). Das Gebiet (zwischen 55° und 53° nördl. Br.) gehört zur Übergangszone zwischen Taiga und Steppe. Bei Omsk unter 55° nördl. Br. wurde im Juni und August gefrorener Boden in 30 *cm* Tiefe gefunden, — wohl Inseln, entstanden durch lokale Bedingungen, da die Südgrenze des gefrorenen Bodens sonst durch Beresow geht und den Jenissei unter 64° nördl. Br. schneidet (nach Jatschewski). Das Gebiet war wohl immer Steppe, nur war der Wald früher in den Schluchten und längs der Wasserläufe weiter verbreitet, wie einzelne Bäume und Baumstumpfe beweisen. Kysyl-kak bedeutet roter salziger Schlamm. Die rote, bezw. rotbraune Wasserfarbe rührt von einer Infusorie Monas Dunalii her; ausserdem lebt im See sehr zahlreich eine Krebsart Artemia. Das Wasser ist fast salzgesättigt, und das abgesetzte Salz wurde früher hier von den Kirgisen abgebaut. In den letzten vier Jahren fanden reichlichere Niederschläge statt, und das Salzansetzen hat aufgehört. Der See friert nie zu, die Tiefe ist nirgends über $1\frac{1}{2}$ *m*. Die Ufer bestehen aus einem lössähnlichen, sandigen Lehm ohne Kalkbeimischung. In einem der Zuflüsse, namens Dshambai-ssai, wurden Karauschen gefunden. An den Ufern sind viele Vögel. Nicht weit vom Südufer des Kysyl-kak finden sich viele Süsswasserteiche, der grösste mit 90 *m* Durchmesser und etwas über 1 *m* Tiefe; hier leben viele Süsswasserkrebse.

Der Bittersalz-See Sselety-Denyis (= Meer) 65 *km* lang, 8 bis 25 *km* breit, ist zweimal so gross wie der Genfer See, hat aber nur 3 *m* grösste Tiefe (im Nordteile). Der Südteil ist durch die Anschwemmungen des Sselety-Flusses sehr flach. Das bittersalzige Wasser hat grüne Farbe und ist sehr durchsichtig, so dass man überall den dicht mit Wasserpflanzen bedeckten Grund sieht. Die Fauna besteht hauptsächlich aus Krebsarten. Ausserdem Wasserkäfer, ferner Insektenlarven, welche Wasservögel in Mengen herbeilocken. An der Mündung des Sselety-Flusses finden sich Unmengen von Enten, Gänse und Limosa melanura. Treibende Wasserpflanzen bedecken den Fluss stellenweise so dicht, dass man darauf gehen kann. Die Ufer sind flach und waldlos, nur am Nordufer befindet sich ein kleines Birkenwäldchen.

Der Teke-See, 21 *km* lang und 13 *km* breit, ist umgeben mit einem Gürtel von Schlammbänken, die mit dünner Sandschicht bedeckt sind. Auch hier wurde bis vor drei Jahren Salz gebrochen, jetzt setzt sich nur noch am Boden Salz in grossen würfelförmigen Krystallen ab. Das salzgesättigte Wasser sieht schmutzig milchfarben aus. Bemerkenswert ist der auch an andern Salzseen beobachtete Veilchengeruch. Die Wasserzunahme in den letzten Jahren

---

[1]) Verhandlgn. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1899. No. 7.

ist hier wie bei dem Kysyl-kak nur zufällig, im allgemeinen sind alle diese Seen im Austrocknen begriffen.

Das Ecsedermoor, welches vor kurzem trocken gelegt wurde, schildert Dr. G. Czirbusz[1]). Der grösste Umfang desselben betrug bis Mitte dieses Jahrhunderts sieben Meilen, wovon aber nur 280 bis 290 *qkm* ständig unter Wasser waren, das übrige gehörte dem Überschwemmungsgebiete an. »Die flache Wanne des Wiesenmoores liegt längs des linken Ufers des Szamosflusses und dürften vielleicht durch Anhäufung der Überschwemmungssedimente entstanden sein, womit sich der Fluss vom Sumpfe selbst abgedämmt und die Mündung der Kraszna nördlicher gerückt hatte. Beide Flüsse setzen nämlich einen grossen Teil ihres Schlammes in das Moor ab, darum staute die Kraszna nicht nur beim Eisgange und Hochwasser des mäanderreichen Szamos, sondern auch beim mittlern Wasserstande beider Gewässer, und die Versumpfung griff mittels Verfilzung der Wasserpflanzen rapid um sich. Am Anfange dieses Jahrhunderts war die Ausfüllung des Beckens bereits so weit vorgeschritten, dass die Kraszna auf der wenig geneigten Szatmarer Ebene sich dreiteilen musste. Ein Arm floss in den Berettyó (Berettjo), dieses alte Krasznabett bei Szt. Mihály ist noch heute sichtbar; der östliche Arm floss am nördlichen Rande des Moores bei Györtelek in den Szamos, der Hauptfluss behielt seine nördliche Richtung, durchquerte das Moor und den kleinen Ecsedersee, schickte nochmals einen Seitenarm gegen Geberjény nach dem Szamos und gelangte endlich zu drei Vierteln entwässert neben Olcsva Apáti in den Szamos. Da auch der Homoród- und Balkánbach parallel mit dem Szamos fliessen, und die Kraszna sich nicht entschliessen konnte, wo sie ihre Mündungsstelle nehme, dürfte wohl das Ecsederwiesenmoor das Ausfüllungsbecken einer Senkung darstellen, welche in der trachytischen Mulde des ungarischen Alfölds zwischen dem Tokajer-Vihorlat und Nagybányaer Trachytgebirge und dem diluvialen Sandplateau des Nyirség sowohl den Lauf der Theiss, wie auch den des Szamos voraus bestimmte.

Man teilt das Ecsedermoor in ein kleines und ein grosses Moor; nur das grössere Moor hat ständiges, 1—3 *m* tiefes Wasser. Unglaublich mag es klingen, doch entspricht es den thatsächlichen Verhältnissen, dass das Szamosufer über dem Moore 6—8 *m* höher liegt, trotzdem den Untergrund beider ein und derselbe Thon bildet, demzufolge ist auch der lose nördliche Rand des Moores um etwas höher als der festere südliche Rand. Die Neigung des Niveaus längs des Moores beträgt 28 *cm* pro Kilometer, quer durchs Moor 70 *cm*. Das Niveau der Kraszna bei ihrem Eintritte in das Moor ist 116 *m* über dem Adriatischen Meere, die Mündung derselben bei Olscva Apáti in den Szamos 114 *m*. Die Länge des grössern

[1]) Umlauft's Geogr. Rundschau **1899. 21.** p. **503.**

Moores in der Luftlinie ist 34 *km*, seine schmalste Stelle zwischen Csaholy und Kocsord 5 *km*. Der nördliche Uferrand war vor der Entsumpfung 39 *km* lang, der südwestliche 40 *km*. Rings um das Moor liegen 14 Ortschaften (Dörfer), deren Bewohner sich ausser mit Landwirtschaft mit Fischerei und mit Flechten von Binsenmatten, Körben u. s. w. ihren Unterhalt zu verdienen suchten.

Die Trockenlegungsarbeiten begannen am 1. Mai 1895 und gipfelten in der Anlage eines neuen Kanals, der in die Theiss mündet und 66.45 *km* Länge besitzt. Durch die Trockenlegung wurden 167000 Katastral-Joch frei, darunter 50000 Joch Moorflächen. Die Urbarmachung der Moorgründe ist erst nach einigen Jahren möglich, da das meilenweit wuchernde Riedgras durch Büffel niedergetreten oder allmählich ausgerottet werden muss, bis Tabak, Raps, Kukuruz gesäet werden können. Auch stagniert jetzt noch viel Sumpfwasser, welches man mittels vier Abzugskanälen an den Rändern des entsumpften Ecsedermoores durch das alte Kraszna- und Szamosbett in den Szamosfluss führt.«

12. Gletscher und Glazialphysik.

Beobachtungen über die Gletscher von Sulitelma und Ålmajalos hat 1897 und 1898 J. Westman angestellt[1].

Auf dem Skandinavischen Höhenrücken finden sich zwischen dem 67. und 68. Breitengrade an der Reichsgrenze mehrere recht bedeutende Gletscher. Ihren südlichsten Komplex bilden die Sulitelmagletscher, deren Mittelkoordinaten 67° 8′ nördl. Br. und 16° 25′ östl. L. v. Gr. sind. Im N dieser Gruppe liegen der Ålmajalosjekna[2] auf 67° 15′, der Rakkokjekna auf 67° 25′, Gautelestuoddar auf 67° 28′ und der Rakkojekna auf 67° 31′, welche zum grössern Teile östlich von der Reichsgrenze gelegen sind. Weiter nach O finden sich nicht unbedeutende Gletscher auf den Abhängen des Kaissiget bei 67° 8′, des Jeknafo bei 67° 9′, des Kissouris bei 67° 30′ und des Rautoåive bei 67° 44′ nördl. Br.

Für zwei dieser Gletscher, nämlich den Salajekna, der mit dem Stuorajekna zusammen die Hauptmasse der Sulitelmagletscher östlich von der Reichsgrenze bildet, und den Ålmajalosjekna existiert eine Beschreibung von Wahlenberg (1808), dagegen sind die übrigen genannten Gletscher noch nicht näher untersucht. Auf Anregung von Dr. Svenonius unternahm Verf. im Sommer 1897 eine Reise nach diesem Gletschergebiete, um für die internationalen Gletscheruntersuchungen einen Beitrag zur Kunde dieser Gegend zu liefern. Er besuchte damals hauptsächlich den Salajekna, Stuorajekna, Kaissigetsjekna und Jeknafojekna. Im Sommer 1898 wurde die

[1]) Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala 1898. Upsala 1899 4. Part 1. No. 7. p. 45 ff.

[2]) Jekna ist die lappländische Bezeichnung für Gletscher.

Arbeit fortgesetzt, wobei er, ausser den genannten, auch den Ålmajalosjekna und ein paar norwegische Gletscher auf der Nordseite des Sulitelma untersuchte.

Sein Hauptaugenmerk richtete er auf eine genaue Fixierung der gegenwärtigen Ausdehnung der Gletscher und speziell der Lage ihrer Vorderkanten, um einen sichern Ausgangspunkt für spätere, systematische Untersuchungen ihrer Variationen zu schaffen. Zu diesem Zwecke sind die Gletscher von verschiedenen, mit grossen Steinhaufen gekennzeichneten Punkten, photogrammetrisch aufgenommen. Ausserdem hat er Beobachtungen über die Bewegung der Gletscher, die Abschmelzung von Eis und Schnee, das spezifische Gewicht des Eises, die Temperaturverhältnisse in der Nähe der Gletscher, in Oberflächenrinnsalen und Gletscherbächen, die Moränen u. s. w. gemacht.

Das Sulitelma-Gletschergebiet zerfällt auf der schwedischen Seite in drei getrennte Teile. Im S und W des Bergkomplexes: Störstetoppen, Svenska Sulitelma, Kaskavare, Metjerpakte und Labba breitet sich der Gletscher Salajekna bis zur Reichsgrenze hin aus, wo ein niedriger Bergrücken zwischen dem Störstetoppen und dem Lairothale die natürliche Grenze zum Södra Sulitelma-Gletscher bildet. Nordöstlich von der erstgenannten Berggruppe erstreckt sich der Stuorajekna bis zu einer andern natürlichen Barrière, welche vom Svenska Sulitelma, Lullevare und Unna Kasak gebildet wird. Auf den steilen Nordostabhängen dieser Barrière findet sich ein drittes Gletschergebiet, das aber im Vergleiche mit den beiden erstgenannten ziemlich unbedeutend ist. Es hängt mit dem Stuorajekna durch einen 0.7 *km* breiten Sund zwischen dem Lullevare und Unna Kasak und einen an der schmalsten Stelle 73 *m* breiten Eisstreifen südöstlich vom Unna Kasak zusammen.

Verf. hat nach eigenen Aufnahmen eine Karte des Gletschergebietes entworfen und zahlreiche photographische Abbildungen gemacht. Auf die einzelnen Beobachtungen kann hier nicht eingegangen werden. Von 1897 auf 1898 fand sich ein Rückgang der Gletscher. Oberflächenmoränen kommen hier wie bei den norwegischen und grönländischen Gletschern nur selten vor, dagegen ist der untere Rand fast überall von einer Zone blossgelegter Randmoränen umgeben, deren Breite sehr verschieden ist, aber bis zu 270 *m* betragen kann.

Der Drygalski-Gletscher des Kilima-Ndscharo. Gelegentlich seiner jüngsten, vierten Expedition im äquatorialen Ostafrika 1898 hat Dr. Hans Meyer am Westabhange vom Kibo-Gipfel des Kilima-Ndscharo gewaltige Gletscher entdeckt und darüber berichtet[1]). »Die Eisbedeckung,« sagt er, »die auf der ganzen Nordost- und Nordseite des Kibo nur als eine relativ schmale Krone dem horizontalen Oberrande des Berges aufgelagert ist, senkt sich im NW plötzlich über 1000 *m* tiefer herab und gestaltet die Westseite des Kibo

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde in Berlin **26.** 1899. No. 1. p. 88 ff.

zu einem majestätischen Eisdome, von dessen Unterrand drei mächtige Zungen als Gletscher erster Ordnung sich herabwinden. Von diesen drei Gletschern hat keiner der frühern Reisenden etwas erwähnt. Ich fand die schönsten Rundhöcker, erratischen Blöcke und Grundmoränen, und besonders eine mächtige Seitenmoräne, wie ein hoher Eisenbahndamm mehrere Kilometer lang. Einen halben Tag weit oberhalb dieses alten Gletscherterrains kletterten wir endlich über eine junge Endmoräne hinweg auf die Stirn des mittelsten der drei Westgletscher, 4860 *m* hoch, und hier taufte ich den zum erstenmale eroberten Gletscher nach meinem verehrten Freund Erich v. Drygalski, dem Grönland-Reisenden und Eisforscher, »Drygalski-Gletscher«. Ungefähr 1200 *m* breit und etwa 2000 *m* lang erstreckt sich die Eiszunge auf ziemlich leicht geneigtem Boden vom grossen Eismantel des Kibo her. Alle drei Gletscher gliedern sich, getrennt durch Felsgrate, vom Eisdom des Kibo an einer steilen Terrainstufe ab, oberhalb deren sich der geschlossene Eisdom in viel stärkerer Steigung erhebt. Nach S hin aber begrenzt und unterbricht diese Eismassen jene kolossale Westkluft des Kibo, die ich 1889 vom westlichen Unterlande her entdeckt habe; sie ist ein ungeheurer Barranco, in den oben bei 5700 *m* der Kraterzirkus des Kibo durch eine breite Scharte einmündet.

Die Oberfläche des Drygalski-Gletschers wie seiner Nachbarn glaubte ich erst in ein Netz unzähliger Spalten zerrissen zu sehen. Es sind aber Rinnen, die vom abfliessenden Schmelzwasser bis 3 *m* tief in die Eisoberfläche gesägt worden sind und ebenso viele senkrechte Eistafeln und Eisgrate zwischen sich stehen haben. Über dieses Eis hinauf den Kibo-Gipfel zu besteigen, ist absolut unmöglich; man würde keine 100 *m* weit kommen. Bei Untersuchung der Eisstruktur fand ich wohlausgebildetes Gletscherkorn bis zur Hühnereigrösse, ferner Druckschichtung des Eises und Anordnung der Luftblasen und Schmutzflocken zu ebenen, horizontalen Lagen. Dann stiegen wir auf der rechten Ufermoräne bergan, die unter der Schuttdecke einen dichten Eiskern birgt und auf diesem reich an schönen Gletschertischen ist, während die Gletscheroberfläche selbst keine solche hat. Die Seitenflanken des Gletschers kehrten uns ihre meist senkrechten, bis 20 *m* hohen Eiswände zu, die vom Schmelzwasser und der Sonnenstrahlung in Formen modelliert sind, welche Drygalski an grönländischen Gletschern polygonale Felderung nennt. Die Schmelzwasser fliessen vorwiegend am Längsrande des Gletschers entlang ab; ein Gletscherthor an der Stirn giebt es nicht oder doch nur in sehr geringer Ausbildung. Nach allen meinen Befunden, über die ich an anderer Stelle eingehend berichten werde, haben wir es also hier nicht mit vereisten Firnmassen zu thun, wie im Kibo-Krater, sondern mit bewegtem Gletschereise. Die Bewegung des Gletschers ist nicht gross, denn sonst könnten sich die Schmelzformen nicht so tief ausbilden, und nicht so wenige Spalten vorhanden sein. Aber dass sich das Eis als Gletscher bewegt, beweisen

ausser der Struktur auch die Seiten- und Stirnmoränen, die sehr gut entwickelt sind. Oberflächenmoränen giebt es gar nicht, weil über dem Eise keine Felsen herausragen, von denen Schutt auf die Eisoberfläche fallen könnte. Auch die Grundmoräne ist recht gering.

Der Gletscher zeigt durch seine ganze Lagerung und Beschaffenheit, dass auch hier wie im Kibo-Krater das Eis in starkem Rückgange begriffen ist. Und blicken wir von der Gletscherstirn, aus 4860 *m* Höhe, thalabwärts nach unserem Biwakfelsen und darüber hinaus zum Galuma-Plateau: welches kolossale Mass von Abschmelzung vermögen wir da abzuschätzen! Über dieses unter uns liegende, mit alten Grundmoränen und Seitenmoränen, mit Rundhöckern, erratischen Blöcken und stellenweise auch mit Schliffen bedeckte Terrain haben sich einst die Westgletscher des Kilima-Ndscharo stundenweit länger erstreckt, mindestens in eine 1000 *m* tiefere Zone als heute, also bis wenigstens 3800 *m* Bergeshöhe.

Noch stieg ich hinüber in die Mulde des nördlichen Westgletschers, wo ich vor der Gletscherzunge bei 4900 *m* drei konzentrische Stirnmoränen als Zeugen junger Schwankungen fand. Keine dieser Moränen ist vom Gletscher durchbrochen, also hat er keinen Vorstoss wieder gemacht.«

Weiterhin sagt Dr. H. Meyer: »Starke Abschmelzung haben wir überall am Eise des Kibo gefunden, und alte, viel tiefer als die heutige Eisgrenze liegende Gletscherspuren haben wir auch auf der Nord- und Westseite des Gebirges erkannt. Was bedeutet das? Es bedeutet, dass der Kibo, der jetzt seine tiefste Eisgrenze im SW bei ungefähr 4300 *m* hat, einst von kolossalen Gletschern bis zu mindestens 3700 *m* und im SW wohl noch tiefer hinab bedeckt gewesen ist. Zum Wachstum und zur Erhaltung der Gletscher gehören aber weniger grosse Kälte als starke Niederschläge; deshalb muss der einst viel mehr vergletscherte Kibo auch viel regenreicher, viel feuchter gewesen sein. Dies aber ist eine Erscheinung, die in Ostafrika keineswegs auf den Kilima-Ndscharo allein beschränkt ist. Auch an dem etwas nördlicher liegenden 5600 *m* hohen Kenia-Vulkan hat der englische Geolog Gregory zuverlässige alte Glazialbildungen von etwa 3500 *m* an aufwärts gefunden, und von der Ostseite des Runsoro meldet der Reisende Scott Elliot alte Gletscherspuren aus noch viel niedrigerer Höhe; dort freilich sind sie weniger zuverlässig. Mit diesen Beobachtungen harmoniert aber eine ganze Reihe anderer Erscheinungen von relativ jungem geologischen Alter. Ich kann sie hier nicht weiter erörtern; die Veränderung der Seenbecken ist die markanteste unter ihnen. Alle diese Erscheinungen geben uns das Bild einer einst über ganz Ostafrika ausgedehnten Periode starker Niederschläge und grösserer Gebirgsvereisung, also — wenn man es so nennen will — einer Glazialzeit, ähnlich wie sie andere Breiten und andere Kontinente auch gehabt haben.«

Die Arbeiten der internationalen Gletscherkommission 1895—1897 besprach Prof. E. Richter[1]). Der Hauptzweck dieser auf dem internationalen Geologenkongress zu Zürich 1894 gewählten Kommission ist die Ermittelung der Gletscherschwankungen. Natürlich können hierüber dreijährige Materialsammlungen nicht viel ergeben, doch ist es nützlich, dieselben kennen zu lernen, schon um zu sehen, nach welcher Richtung die Probleme weiter verfolgt werden können. Nach Prof. E. Richter sind die Hauptergebnisse aller bisherigen Forschungen bezüglich der Alpengletscher folgende. »Seit den sechziger Jahren herrscht in den ganzen Alpen ein gewaltiger und allgemeiner Gletscherrückgang, nachdem um das Jahr 1820 ein ebenso allgemeiner und bedeutender Vorstoss stattgefunden hatte, und in der Zeit von 1820—1850 der Hochstand nur durch geringe Rückzüge und stabile Zustände unterbrochen worden war. Dieser allgemeine Rückgang herrschte in den siebziger Jahren überall ohne Ausnahme. Er entspricht der Brückner'schen Trockenperiode um 1860, ebenso wie die Maximalstände von 1820 und 1850 feuchten Perioden entsprachen. Gegen Ende der siebziger Jahre trat nun in der Montblanc-Gruppe eine neue, aber nur schwache Wachstumsperiode ein, die sich überaus langsam gegen Osten fortpflanzte. Erst Ende der achtziger Jahre traten einzelne Gletscher der Ostalpen in die Reihe ein; dazwischen blieben aber stets auch in der Schweiz viele Gletscher ununterbrochen in einem wenn auch verminderten Rückgang. Mit 1893 scheint in den Westalpen, besonders der Montblanc-Gruppe und den Penninischen Alpen, die Wachstumsperiode wieder aufgehört zu haben, denn auch jene Gletscher, die zuerst mit der Vergrösserung begonnen hatten, fingen an, sich wieder zurückzuziehen. Hingegen brachten gerade die letzten Jahre seit 1895 fortwährend neue Nachrichten über Gletscherwachsen in den Ostalpen, und wenn auch die absoluten Beträge des Vorrückens gering sind, so erfahren wir doch von bedeutenden Aufschwellungen der Zungen und von sehr beschleunigter Bewegung auch bei solchen Gletschern, deren Enden sich noch verkürzen. Inzwischen ist die feuchte Periode um 1880 abgelaufen, und wir befinden uns bereits in einer Trockenperiode. Zwischen dem Beginn der gegenwärtigen Vorstossperiode in den West- und den Ostalpen liegt ein Zeitunterschied von nahezu 20 Jahren.

Daraus ergeben sich folgende Sätze: 1. Die feuchte Periode um 1880 wird von den Alpengletschern ungefähr in derselben Weise übersprungen, wie die Trockenperiode um 1830 überschlagen wurde. Die Gründe dafür sind vorläufig noch unaufgeklärt, doch ist die Erscheinung selbst nicht aussergewöhnlich, wie die Periodizität der Vernagt-Ausbrüche beweist. Der Vernagt-Gletscher hat die feuchten Perioden um 1630, 1712, 1735 und sogar die für die andern Alpengletscher so bedeutungsvolle Wachsperiode von 1820

[1]) Petermann's Mitt. 1899 p. 74 ff.

übersprungen und nur 1595, 1675, 1767 und 1850 grosse Vorstösse gemacht.

2. Die Vorstossperiode von 1880 ist in den Ostalpen um 10 bis 20 Jahre später bemerkbar geworden als in den Westalpen. Dafür kennen wir bisher keine Analogie. Nur zum geringsten Teil kann das der Lückenhaftigkeit unserer Nachrichten aus frühern Zeiten zuzuschreiben sein. Denn es ist bei einer Anzahl früherer Vorstossperioden eine vollkommene Gleichzeitigkeit für West- und Ostalpen völlig sichergestellt. In den Jahren 1594—1605 erfolgten Ausbrüche des Rutorsees (Graische Alpen), des Gétroz-Gletschers (Pennin-Alpen), der Grindelwalder Gletscher (Berner Oberland), des Vernagt-Gletschers (Ötzthaler Alpen). Allerdings liegen auch hier zwischen den Nachrichten aus den westlichen Alpen und denen aus dem Ötzthale 4—5 Jahre. Doch sind die Zahlen für den Beginn der Vorwärtsbewegung hier und dort unsicher.

In der Periode von 1676—1681 sind hingegen die Nachrichten aus dem Osten denen aus dem Westen voraus; 1676 beginnt der Vernagt-Gletscher ins Rofenthal vorzurücken, 1678—1681 erfolgt jährlich ein Seeausbruch; der Rutorsee bricht 1679 und 1680, der Mattmarksee 1680 aus. Zum mindesten kann man hier volle Gleichzeitigkeit feststellen.

Aus 1717 und 1719 liegen Nachrichten über Hochstände aus Grindelwald und dem Val Ferret vor; aus 1716—1724 solche aus dem Ötzthal.

1768 begannen die Grindelwalder Gletscher vorzurücken, 1770 waren Gurgler- und Vernagt-Gletscher schon im raschen Vorgehen, 1772 brach der Mattmarksee (Pennin-Alpen) aus.

Um 1820 erreichten die meisten Westalpengletscher ihren Maximalstand, gleichzeitig aber auch viele Ostalpengletscher; ja Sulden- und Hintereisgletscher schon 1818 und 1819. Für diese Periode lässt sich die Gleichzeitigkeit des Wachstums für alle Alpenteile mit voller Sicherheit feststellen. Ebenso kommen für die Vorstossperiode von 1840—1850 die Nachrichten aus dem Westen und dem Osten gleichzeitig.

Hier liegt also ein Problem vor. Weshalb hat sich die Periode von 1880 im Osten gegenüber dem Westen so sehr verzögert? Mit Hilfe der jetzt in Menge vorliegenden meteorologischen Aufzeichnungen wird sich vielleicht eine Erklärung finden.

Über die ausseralpinen Gebiete sind unsere Nachrichten dürftig und aus den allerjüngsten Jahren. Man kann hier meist nur von einem allgemeinen Eindruck sprechen, nicht von gesicherten Thatsachen. Die Pyrenäen scheinen den Westalpen zu folgen; gegenwärtig zeigt sich viel Rückgang, vereinzelter Vorstoss. Deutlicher sprechen die Nachrichten einerseits von den Polarländern und Skandinavien, anderseits vom Kaukasus und Zentralasien (Tienschan und Altai).

In den letztgenannten Gebieten scheint allgemeiner und sehr starker Rückgang zu herrschen. In den zahlreichen und zum Teil sehr ausführlichen Nachrichten, die uns Prof. I. Muschketow gebracht hat, ist nirgends von einem Vorgange oder Stillstande zu lesen. Gerade umgekehrt aber lauten die Berichte aus Skandinavien und dem arktischen Norden. Hier ist alles unentschieden; stationäre Zustände scheinen vorzuherrschen; benachbarte Gletscher verhalten sich entgegengesetzt. Im allgemeinen gewinnt man den Eindruck, als ob überhaupt die Schwankungen im Gletscherstande hier geringer wären als anderswo. In Norwegen ist das gewiss der Fall, wie der Verf. selbst beobachten konnte. Der gewaltige Spielraum, den die Alpengletscher für ihre Veränderungen sich geschaffen haben, die breiten, vegetationslosen oder wenigstens pflanzenarmen, von Moränen umzogenen Böden und Thalstücke fehlen in Norwegen entweder gänzlich oder sind wesentlich kleiner als in den Alpen. Für Grönland ergeben die Mitteilungen in den Meddelelser om Grönland und bei v. Drygalski (Grönlandexpedition) nicht das Bild einer allgemeinen bestimmten, sei es rück- oder vorschreitenden Tendenz. Die grossen Eisströme können Längenveränderungen langer Periode nicht erfahren, da sie durch das Kalben vor ihrem natürlichen Ende abgebrochen werden, höchstens könnte ihr Dünnerwerden die Kalbungsstelle weiter einwärts verlegen. Das festzustellen fehlen aber die Daten. Die Bilder bei Drygalski scheinen für das Inlandeis selbst einen stationären Zustand des Randes anzuzeigen. Das Einsinken, welches er 1892—1893 beobachtet hat, deutet auf Rückgang; ein Jahr kann aber noch nichts beweisen.

Über Himalaya und Neuseeland sieht man noch nicht klar, ebensowenig über Alaska. Aus dem Innern von Nordamerika liegen aber sichere Anzeichen von Rückzug vor.

Wenn sich aus diesen magern Daten ein Schluss ziehen lässt, so könnte es nur folgender sein: In den kontinentalen Gebieten herrscht Rückgang, in den maritimen ein mehr stationärer oder unentschiedener Zustand. Ist diese Beobachtung richtig, so ist auch der Zusammenhang mit den Brückner'schen Perioden deutlich. Im Innern der Kontinente machen sich die Klimaschwankungen viel stärker geltend als in den Randgebieten; die Küstenländer, insbesondere die des Atlantischen Ozeans, sind Ausnahmegebiete, bei denen sich die charakteristischen Eigenschaften der Trockenperioden überhaupt nicht bemerkbar machen. Es sind also ganz allgemein für die Kontinentalgebiete stärkere Gletscherschwankungen als für die Uferländer vorauszusetzen.

Sind erst die Beobachtungen vervielfältigt, so wird man bestimmte Entscheidungen über diese Fragen mit Recht erwarten können. Die Richtung, in der die Untersuchung geführt werden soll, ist dadurch vorgezeichnet.

Ein zweiter Schluss, der aus der Geschichte der Gletscherschwankungen in der zweiten Hälfte des ablaufenden Jahrhunderts

gezogen werden kann, ist: Die feuchte Periode um 1880 ist in ihrer Wirkung auf die Gletscher von der ihr vorausgehenden und der nachfolgenden Trockenperiode fast verschlungen worden. Man wird sich überzeugen können, ob dieses Verhältnis auch aus den meteorologischen Daten ersichtlich wird, und daraus wieder Erkenntnisse über das Verhältnis von Gletscherbewegung und den Aufzeichnungen der jetzt vorhandenen Stationen über Temperatur und Niederschlag gewinnen. Es scheint nämlich keineswegs sicher, dass diese die Gletscherbewegungen wirklich widerspiegeln, wenn auch die gewaltige Vermehrung der Stationen und besonders die Errichtung der Höhenstationen zu gewissen Hoffnungen berechtigt.«

Struktur des Rhone- und Unteraar-Gletschers. Die Konferenz von Gletscherforschern am Rhonegletscher im August 1899 hat nach dem Berichte von Prof. E. Richter[1]) einen Befund über die Struktur des Rhone- und Unteraar-Gletschers festgestellt. Daraus ist hervorzuheben: Die Gletscher bestehen in den untern Teilen, nahe dem Ende, aus blauem Eise, in welchem schmitzenartig eingelagert Scharen von Luftblasen sich vorfinden. Diese Schmitzen fallen und streichen in parallelen Ebenen, die am Gletscherrande gegen das Innere des Gletschers zu einfallen und sich an der Oberfläche als eine Liniierung des Gletschers bemerkbar machen. Weiter oben besteht der Gletscher aus weisslichem Eise, das von blauen Bändern durchzogen ist. Diese Bänder streichen längs der Seiten des Gletschers mit diesen parallel und fallen fast senkrecht ein; in der Mitte des Gletschers biegen sie um gegen die andere Seite hinüber, so dass diese Struktur im allgemeinen löffelförmig angeordnet erscheint. Man ist übereingekommen, diese Struktur als Bänderung zu bezeichnen und sie so von der Schichtung zu scheiden, welcher Ausdruck, im geologischen Sinne genommen, die Spuren der Aufschüttung des Schnees im Firnfelde bedeuten soll.

Von dieser Schichtung ist, wenn sie nicht in der Bänderung enthalten ist, was vorläufig noch ganz unentschieden bleibt, in den untern Teilen des Gletschers nichts mehr wahrzunehmen; wohl aber wurden in den mittlern Teilen des Rhonegletschers eigentümliche schichtenartige Sonderungen an Spaltenwänden bemerkt. Diese Schichten sind zu Synklinalen und Antiklinalen zusammengefaltet, deren Achsen parallel der Längsachse des Gletschers laufen, und deren Ausstreichen sich in eigentümlichen Kämmen und Ogyven auf der Oberfläche bemerkbar macht. Diese bisher noch nicht beschriebene Erscheinung wurde nach ihrem Entdecker »Reid'sche Kämme« benannt.

Eine einheitliche Nomenklatur der Moränen. Nach dem Berichte von Prof. E. Richter auf dem Berliner Geographenkongresse[2]), hat die Konferenz von Gletscherforschern im August 1899

[1]) Potonié's Wochenschr. 1899. p. 554.
[2]) Potonié's Wochenschr. 1899. p. 554.

eine einheitliche Nomenklatur der Moränen festgestellt und dieselben nach ihrer Lage in folgendes Schema gebracht:

- Moränen / moraines / morains
  - Bewegte Mor. / m. mouvantes / mouving m.
    - Ober-Mor. / m. superficielles / surface m.
      - Seiten-Mor. / m. laterales / lateral m.
      - Mittel-Mor. / m. médianes / medial m.
    - Innen-Mor. / m. internes. / internal m.
    - Unter-Mor. / m. inférieures / under m.
  - Abgelagerte M. / m. deposées / deposited m.
    - Wall-Mor. / m. ramparts / ridge mor.
      - Längs-Mor. / m longitudinales / longitudinal m.
      - Rand- oder End-Mor. / m.marginales / border m.
        - Ufer-Mor. / m. riveraines / lateral oder border m.
        - Stirn-Mor. / m. frontales / terminal mor.
    - Grund-Mor. / m. de fond / ground mor.
      - Grund-Mor.-Decke / m. profonde / groundmor.
      - Drumlins / drumlins / drumlins

Die Entwickelung der glazialen Hydrographie Nord-Deutschlands behandelte Dr. Keilhack in der Deutschen Geologischen Gesellschaft zu Berlin.[1])

Es handelt sich um diejenige Rückzugsperiode des letzten Inlandeises, während deren das Eis auf dem Baltischen Höhenrücken und nördlich von demselben lag. »Er umsäumt von der jütischen bis zur russischen Grenze die deutsche Ostseeküste. Sein Kamm ist durch eine Endmoräne gekrönt, welche eine lange andauernde Stillstandsperiode während des Rückzuges andeutet. Hinter dieser Endmoräne liegt die Grundmoränen-Landschaft, vor ihr das fluvio-glaziale Sediment der Schmelzwasser, der sogen. Sandr oder die Heidesand-Landschaft. Von der Weichsel bis zur holsteinischen Grenze stösst dieselbe fast überall unmittelbar an die Endmoränen an, und nur etwa auf dem 14. Teile dieser Linie greift die Grundmoräne über die Endmoräne nach Süden oder Südwesten hin über. Der Beginn der Sandr liegt im Osten, wo der Oderbogen mit dem Weichselbogen zusammenstösst, am höchsten, in einer Meereshöhe von rund 200 *m*; von da ab senkt sich sein Anfang nach Westen hin, bis er an der Oder seine tiefste Lage in ungefähr 100 *m* erreicht, und steigt dann westlich der Oder in der Richtung auf Mecklenburg wieder bis auf 150 *m* an, um sich bis zur holsteinischen Grenze abermals auf etwa 50 *m* zu senken. Diese Sandflächen besitzen ein Gefälle nach Süden und im westlichen Teile des in Rede stehenden Gebietes nach Südwesten hin, ein Beweis, dass in diesem Sinne auch die Schmelzwasser sich bewegten. Die einzelnen Sandr erreichen ihr südliches Ende in dem früher als nördlichstes angenommenen Urstrom-

[1]) Zeitschrift der Deutsch. Geol. Ges. 1. III. Heft. p. 77.

thal, welches von Berendt als das Thorn-Eberswalder Hauptthal bezeichnet ist, und gelangten durch verhältnismässig schmale Pforten zwischen einer Reihe grosser Plateauinseln in dasselbe hinein. Durch diese Pforten fliessen noch heute die vom Höhenrücken herabkommenden Gewässer (Schwarzwasser, Brahe, Küddow, Drage, Miezel, Rhin, Dosse) dem Hauptthale zu Südlich von dem grossen Längsthale beginnen vollständig andere Landschaftsformen, und keiner der einzelnen Sandr setzt sich über dieses Thal hinaus nach Süden hin fort. Schon dadurch charakterisiert sich das von Thorn über Eberswalde nach Hamburg zu verlaufende Hauptthal als das Sammelthal für die gesamten, vom Rande des Inlandeises herabkommenden Schmelzwasserströme, und wir dürfen annehmen, dass die Erosion dieser gewaltigen Wassermassen, zu denen noch die von Süden herkommenden Ströme der Weichsel, Oder und Elbe hinzukommen, dieses Thal in seiner heutigen Ausdehnung geschaffen haben. Der Zusammenhang zwischen Sandr und Thalbildung wird noch dadurch näher bewiesen, dass im Mündungsgebiete der Sandr ins Hauptthal ausgedehnte Thalsandterrassen liegen, die sich im gleichen Niveau mit jenen befinden.

Die höchste Thalsandstufe des Hauptthales liegt im Osten an der Weichsel in ungefähr 80 *m* Meereshöhe, senkt sich aber bis in die Gegend von Landsberg a. W. bis auf 40 *m* und behält diese Höhenlage dann bei bis westlich von Eberswalde, um von da bis zur Nordsee hin in langsamem und gleichmässigem Gefälle bis auf wenige Meter über das Meeresniveau zu sinken. Wir müssen annehmen, dass diejenigen Teile des Thales, in welchen die Terrassen von Osten nach Westen schwach geneigt sind, ein von fliessendem Wasser erfülltes Thal darstellen, während auf der sehr langen Strecke, in der die Terrassen horizontal liegen, ein durch das nördlich davorliegende Eis verursachter Stausee anzunehmen ist, der eine dreizipflige Gestalt besass. Der eine dieser drei Zipfel erstreckte sich von Küstrin bis Landsberg, der andere nach Süden bis über Frankfurt a. O. hinaus. Der dritte nach Nordwesten bis Eberswalde, so dass zu jener Zeit das Oder- und Warthebruch von einem grossen See erfüllt waren, dessen grösste Tiufe ca. 35 *m* betrug. Aus diesem See flossen die Gewässer über die Eberswalder Pforte nach Westen hin ab und bewegten sich von da aus als Fluss zur Nordsee. Infolge des Umstandes, dass der Sandr seine grösste nord-südliche Ausdehnung da besitzt, wo sein Beginn an der Endmoräne die höchste Lage ü. M. erreicht, und bei der abnehmenden Höhenlage dieses Beginnes mit der zunehmenden Annäherung der Endmoräne an den Rand des Hauptthales ergiebt sich ein ziemlich gleichmässiges Gefälle in allen Teilen des Sandr, welches im Mittel auf 1 : 1000 anzunehmen ist.

Die Frage, welchen Weg die Schmelzwasser des Eises nahmen, als das Eis von der durch die Baltische Endmoräne charakterisierten Stillstandslage aus sich weiter nach Norden in das Baltische Küstengebiet zurückgezogen hatte, glaubt Dr. Keilhack durch die Entdeckung eines fast ganz in Pommern liegenden nördlichsten Urstromthales gelöst zu haben, welches er als das »Pommersche Urstromthal« bezeichnet. Dasselbe beginnt im Nordosten in der Gegend nördlich von Karthaus und verläuft von dort nördlich von den Städten Bütow und Rummelsburg über Pollnow und südlich von Belgard weiter über Plathe in der Richtung auf Gr.-Stepenitz, erreicht dort das Stettiner Haff und geht von da aus nach Westen hin weiter über Märkisch-Friedland und durch das Mecklenburgisch-Pommersche Grenzthal nach Ribnitz, wo die Küste der heutigen Ostsee erreicht wird. In jener Zeit waren die Inseln der westlichen Ostsee, sowie Rügen, Neu-Vorpommern, Usedom und Wollin und das ganze pommersche Küstenland noch unter dem Eise begraben, welches als ein Stau diente und die Schmelzwasser zwang, zwischen seinem Rande und dem im Süden vorliegenden Baltischen Höhenrücken nach Westen zu fliessen. Da aus dem angegebenen Grunde eine Verbindung mit dem offenen Meere durch die westliche Ostsee noch nicht existierte, so ist anzunehmen, dass die Wasser von Rostock aus im heutigen Küstengebiete der Ostsee sich weiter nach

Westen in die Lübecker Bucht bewegten und von dieser aus ihren Abfluss nach Süden durch das Stecknitzthal nahmen, um schliesslich in das untere Elbthal zu gelangen und durch dasselbe endlich die Nordsee zu erreichen. Dieses Urstromthal, welches bis jetzt nur von seinem Anfange im Osten bis nach Vorpommern hin genau bekannt ist, setzt sich aus einer Anzahl von Flussthalstücken mit dazwischen eingeschalteten Seen zusammen. Beide lassen sich auch hier wieder dadurch unterscheiden, dass im erstern Falle die Terrassen sich nach Westen senken, im andern Falle dagegen horizontale Flächen bilden. In dem ersten Thalstücke, welches vom östlichen Beginne bis in die Gegend des Jassener Sees reicht, senkt sich der Thalboden von 150 auf 120 *m* Meereshöhe. Dann folgt ein etwa 40—50 *km* langes Seestück, welches dadurch veranlasst ist, dass in der Gegend von Pollnow ein hoch aufragender, spornartiger Rücken von der Seenplatte aus nach Norden bis in die Gegend von Varzin sich vorschiebt, der in seinem nördlichen Teile von Eis bedeckt war. Das Wasser in diesem östlichen Stausee, der nach der nächstgelegenen Stadt als der »Rummelsburger« bezeichnet wurde, musste also so lange steigen, bis es die Höhe der tiefsten Einsattelung in dem vorliegenden Hindernis erreicht hatte. Es ist dies die Kaffziger Pforte, östlich von Pollnow, die den angesammelten Wassern des Sees als Wasserpass diente und sie nach Westen hin weiter fortführte in einem Flussthale, welches bis Gr.-Tychow südlich von Belgard sich von 120 auf 60 *m* senkte. Hier wurde durch den analog nach Norden sich vorschiebenden Gr.-Rambiner Rücken ein zweiter Stausee erzeugt, der heute von der Persante durchflossen wird. Im dritten Flussstücke senkte sich das Thal von 60 auf 25 *m* und kam in den dritten und grössten Stausee hinein, als dessen Rest das heutige Stettiner Haff aufzufassen ist. Dieser Oderstausee besass eine Länge von 70—80 und eine nord-südliche Breite von 30—40 *km* und nahm, da inzwischen infolge der Senkung des Wassers im Küstriner Stausee die Eberswalder Pforte nicht mehr von ihnen überschritten werden konnte, die vereinigten Oder- und Weichselwasser auf. Die gesamte Wassermasse bewegte sich dann entlang des Randes des Inlandeises in der Richtung auf Ribnitz weiter, und dieses Thalstück senkte sich gleichzeitig von 25 auf 15 *m*. In dieser Höhe lag der vierte und westlichste Stausee, derjenige der Lübecker Bucht, aus dem die Wasser schliesslich nach Süden hin zum Elbthale abflossen. Dass diese grossen Staubecken und die sie verbindenden Thäler dadurch erzeugt wurden, dass das Eis unmittelbar im Norden davorlag, lässt sich daran erkennen, dass einmal in der angenommenen Stillstandslinie an mehrern Stellen kleinere und grössere Stücke echter Endmoräne sich gebildet haben, sodann aber aus dem Umstande, dass an einer grossen Anzahl von Stellen die See- und Flussthalterrassen, die nach Süden hin sich an den Höhenrücken anlehnen, nach Norden hin keinerlei Begrenzung durch höher gelegene Plateaus besitzen, sondern in dieser Richtung abbrechen, so dass man an diesen Stellen von den höher gelegenen Terrassenflächen auf tiefer gelegene, mit Grundmoräne überkleidete diluviale Plateaus hinabsteigt. An manchen Stellen sind diese Höhenunterschiede ausserordentlich bedeutend. So liegt z. B. nördlich von Pollnow der Rand einer solchen Terrasse in 100 *m* Meereshöhe, und das Gelände senkt sich von hier aus nach Norden in schnellem Gefälle auf 25—30 *m* Meereshöhe, und in ganz ähnlicher Weise endigt die in 60 *m* Meereshöhe liegende Terrasse des Persantestausees nach Norden hin mit einem 30 *m* hohen Steilabfall. Unter Zuhilfenahme dieser Erscheinungen ist es möglich, die Lage des Eisrandes zur Zeit der Bildung dieser Terrassen so genau festzustellen, dass der mutmassliche Fehler an manchen Stellen kaum ein Kilometer beträgt.

Als das Eis westlich der Oder sich eine Strecke zurückgezogen hatte, wurde tiefer gelegenes Land vom Eise befreit, und die Schmelzwasser konnten einen bequemern Abfluss in tieferem Niveau finden. Dadurch wurde der Wasserspiegel im Oderstausee von 25 auf 15 *m* gesenkt, und es bildete sich durch Aufschüttung von Norden und Süden her in dem-

selben eine neue Terrasse in der angegebenen Meereshöhe. Durch diese Senkung wurde der Wasserpass im Stecknitzthale trocken gelegt, und die Gewässer flossen durch eine der Wasserstrassen, die die dänischen Inseln heute von der jütischen Halbinsel trennen, dem Kattegat zu. Der östlich der Oder gelegene Teil des Urstromthales wurde unverändert noch von den Schmelzwassern weiter benutzt, da die Rückzugsbewegung des Eises im Westen bedeutend schneller vor sich ging als im Osten. Durch eine abermalige Rückzugsbewegung des Eises wurde das vorpommersche Festland frei, während Rügen noch unter Eisbedeckung lag, und unter gleichzeitiger Senkung des Wasserspiegels im Oderstausee auf eine Meereshöhe von 6—7 *m* erfolgte eine abermalige Verlegung des Abflusses, der nunmehr durch den Strelasund ging. Dadurch wurde auch der westlich an den Oderstausee angrenzende Teil des Urstromthales trocken gelegt, und die Schmelzwasser flossen durch ein Thal westlich von Gülzow auf Wollin zu. Die nächste Rückzugsbewegung des Eises berührt bereits den Persantestausee, dessen Wasserspiegel plötzlich eine Senkung von 60 auf 20 *m* erfuhr, wodurch derselbe in kürzester Frist trocken gelegt wurde. Die Wasser des Urstromthales flossen in jener Zeit nicht mehr über Gr.-Tychow, sondern wendeten sich von Brückenkrug an unter einer gleichfalls sehr beträchtlichen Senkung ihrer Terrassen südlich von Cöslin auf Belgard zu und von hier aus zum Teile durch das heutige Persantethal weiter nach Westen hin. Durch zwei weitere Rückzugsbewegungen wurde der Spiegel des Rummelsburger Sees zunächst von 120 auf 100 *m* gesenkt und eingeengt und durch eine weitere Senkung auf 60—70 *m* vollkommen trocken gelegt.

Das gesamte zwischen Oder und Weichsel liegende pommersche Küstengebiet wird von einem ausserordentlich komplizierten Systeme von Thälern durchzogen, von denen ein Teil ostwestlich verlaufende Randthäler des Inlandeises während seiner einzelnen, wahrscheinlich sehr kurzen Rückzugsphasen darstellt, während die rechtwinklig dazu stehenden Thäler subglazialen Ursprunges sind und von den Schmelzwassern unter der Eisdecke erzeugt wurden. Jede kleine Rückzugsbewegung schuf neue Abflusswege nach dem in immer grösserer Ausdehnung eisfrei werdenden Ostseebecken hin, und in relativ kurzer Zeit entwickelte sich durch eine Reihe von Übergängen hindurch das heutige hydrographische System Hinterpommerns, dessen Haupteigentümlichkeit darin besteht, dass die sämtlichen Küstenflüsse abwechselnd Längs- und Querthäler benutzen, wodurch sie ihre eigentümlich scharfen rechtwinkligen Knicke erhalten. Es ist Dr. Keilhack möglich gewesen, mit Zuhilfenahme aller dieser Erscheinungen die einzelnen Phasen des Rückzuges in diesem Gebiete so darzustellen, dass man den Verlauf dieser Bewegung klar erkennen kann, und es ergiebt sich dabei, dass innerhalb jeder einzelnen Phase der Betrag der Abschmelzung in west-östlicher Richtung denjenigen in nord-südlicher bei weitem überwog, so dass die einzelnen Eisrandlinien nach Osten hin stark konvergieren, während sie nach Westen hin breit auseinandergehen. Während der letzten Phase der Eisrandlage in Hinterpommern entstand auf diese Weise das heute von der Rheda und Leba benutzte Thal, welches sich von der Danziger Bucht nach der Ostsee quer durch das Land hindurchzieht. Das letztere Thal ist das einzige pommersche Thal, bei welchem die Annahme einer postglazialen Krustenbewegung kaum zu vermeiden sein wird, da dasselbe vom Weichseldelta aus nach Westen hin zunächst ansteigt, um sich dann etwa von Boschpal aus wieder nach der Ostsee hin zu senken. In dieser Zeit war auch das Gebiet der untern Weichsel bereits eisfrei, und die Gewässer der letztern konnten das Frische Haff erreichen und durch das oben genannte Lebathal schliesslich in die Ostsee hinein gelangen. Der Abfluss der Weichselgewässer nach Westen hin über die Bromberger Pforte wurde entbehrlich und trocken gelegt und auch für den östlichsten der grossen deutschen Ströme der nächste Weg nach Norden hin durch eine alte subglaziale Schmelzwasserrinne von grosser Breite eröffnet.«

Die Entwickelung der Glazialgeologie im norddeutschen Flachlande. Gelegentlich der Feier des 50jährigen Bestehens der deutschen geologischen Gesellschaft im vergangenen Jahre, zeichnete Prof. Wahnschaffe ein Bild der Entwickelung der Glazialgeologie im norddeutschen Flachlande, welches in grossen Zügen darstellt, wie in der letzten Hälfte des nun ablaufenden Jahrhunderts die Anschauungen über die Vorgänge, die der damalige Zustand des nord-Deutschen Flachlandes herbeiführte, nach grossen Schwankungen, ja Rückschritten in der richtigen Auffassung, endlich auf den heutigen Standpunkt gelangt sind. Diese lichtvolle Darstellung ist von allgemeiner Bedeutung, die ihrer nächsten Veranlassung entspricht, und folgt deshalb hier ihrem wesentlichen Inhalte nach[1]):

»Als die Deutsche geologische Gesellschaft im Jahre 1848 gegründet wurde, waren die wichtigen Arbeiten eines Venetz, Charpentier und Agassiz bereits erschienen, Arbeiten, die grundlegend gewesen sind nicht nur für die Erforschung der heutigen Gletscher, sondern auch für den Nachweis einer weit ausgedehntem Vergletscherung in vorhistorischer Zeit. Es wurde dadurch die Lehre von der Eiszeit in die Geologie eingeführt, die nun bei den Untersuchungen über die letzte grosse Periode der Entwickelungsgeschichte unserer Erde berücksichtigt werden musste. Nachdem Agassiz in den Alpen die Gletscher als Transportmittel der erratischen Blöcke und als Erzeuger der Felsschliffe erkannt hatte, hielt er eine gleiche Ursache auch für die Ablagerung der Findlinge und die Bildung der geschliffenen Felsoberflächen im Norden für wahrscheinlich. Die zuerst von ihm angenommene allgemeine Eisbedeckung von Nordeuropa, die vom Nordpole ausgegangen sein sollte, besass hinsichtlich ihres Eintrittes nach seiner Meinung einen katastrophenartigen Charakter. Später hat er dann durch Charpentier's Einfluss seine Ansichten wesentlich modifiziert. Wäre man auf dem Wege, den uns die beiden grossen Glazialforscher gewiesen, schrittweise weiter vorgegangen und hätte auf Grund von Beobachtungen ihre Theorien weiter ausgebaut und berichtigt, so würde man früher zu richtigen Anschauungen über die Entstehung der erratischen Bildungen von Nordeuropa gelangt sein. Aber dieser allmähliche Entwickelungsgang wurde unterbrochen durch die Lyell'sche Drifttheorie, deren extreme Anwendung sogar die bereits gewonnenen Resultate der Glazialforschung in den Alpen wieder in Frage stellte. Bekanntlich sollte nach Lyell Nordeuropa während der grössern Ausdehnung der Gletscher in den Alpen, in Skandinavien und Grossbritannien von einem Meere bedeckt gewesen sein, in welchem die von den Gletschern sich ablösenden Eisberge herumschwammen. Dieses Meer sollte abkühlend auf die Kontinente eingewirkt und dadurch die grössere Gletscherentfaltung bewirkt haben. In ihrer Anwendung

[1]) Zeitschr. der Deutschen geolog. Ges. **50.** III. Heft. Berlin 1899 p. 54 ff.

auf Norddeutschland führte die Lyell'sche Drifttheorie zu der Vorstellung, dass in der Eiszeit das Meer bis zum Nordrande der deutschen Mittelgebirge reichte, während zu gleicher Zeit Skandinavien von mächtigen Gletschern bedeckt war, die bis in das Meer hinein sich erstreckten. Die von diesen Gletschern sich ablösenden Eisberge sollten das nordische Schuttmaterial nach Norddeutschland verfrachtet und, nachdem sie durch die Winde nach allen Richtungen hin getrieben wurden, bei ihrer Strandung und Abschmelzung abgelagert haben. Infolge der bedeutenden Autorität, die der grosse englische Geologe, und zwar mit vollem Rechte, bei allen seinen Fachgenossen besass, fand seine Drifttheorie fast allgemeine Annahme, so dass sie mehrere Jahrzehnte hindurch alle im norddeutschen Flachlande ausgeführten Forschungen beeinflusst hat. Die gesamten Diluvialablagerungen, gleichgiltig, ob dieselben geschichtet oder ungeschichtet waren, ob sie aus Geschiebemergeln, Sanden, Mergelsanden oder Thonen bestanden, ob sie grössere Geschiebe führten oder nicht, wurden als durch Treibeistransport vermittelte Absätze des Diluvialmeeres angesehen. Unsere Vorstellungen über die Bildung der Diluvialablagerungen hatten schliesslich einen derartigen Grad von Starrheit angenommen, dass kein weiterer Fortschritt in der Aufklärung der genetischen Verhältnisse des Quartärs mehr möglich erschien. Waren auch bereits verschiedene Thatsachen beobachtet worden, die sich nicht mit der Drifttheorie in Einklang bringen liessen, so fehlte es doch an einem umfassenden Beweismateriale, um die Haltlosigkeit dieser nachzuweisen. Es ist zu bewundern, dass in jener Zeit trotz der irrigen Anschauungen über die Entstehung schon sehr wertvolle Arbeiten über die stratigraphische Gliederung, die petrographische Beschaffenheit und die kartographische Darstellung der Quartärbildungen erschienen. Auch wurden damals die grossen alten Thäler Norddeutschlands bereits in ihren Grundzügen richtig erkannt, und das Studium der Geschiebe nahm in diesem Zeitraume im Anschlusse an die grundlegenden Untersuchungen Ferdinand Römer's einen bedeutsamen Aufschwung.

Otto Torell gebührt das Verdienst, die Geologen Norddeutschlands von dem Banne der Lyell'schen Drifttheorie befreit zu haben. Zwar hatte schon Bernhardi im Jahre 1832 die Anhäufungen der nordischen Geschiebe in Norddeutschland als Moränen einer von dem Nordpole ausgegangenen Vergletscherung erklärt, doch waren seine Ausführungen seiner Zeit völlig unbeachtet geblieben und später ganz in Vergessenheit geraten, so dass auch Torell keine Kunde davon hatte, als er am 3. November 1875 in der Sitzung der Deutschen geologischen Gesellschaft zu Berlin zum erstenmale die Inlandeistheorie für Norddeutschland aussprach und wissenschaftlich begründete. Unter Vorlage der von ihm an demselben Tage in Rüdersdorf aufgefundenen geschrammten Muschelkalkplatten führte er aus, dass hier echte Gletscherschrammen vorlägen, und dass der auf den Schichtenköpfen lagernde und im ganzen norddeutschen

Flachlande ebenso wie in Dänemark und Südschweden verbreitete Geschiebemergel nur als die Grundmoräne eines von Skandinavien ausgegangenen Inlandeises zu erklären sei, das das Ostseebecken erfüllte und sich bis an den Rand unserer Mittelgebirge vorschob. Ich selbst war in dieser Sitzung zugegen und werde nie den Eindruck vergessen, den diese völlig neue Lehre auf alle Anwesenden machte. Die meisten ältern Geologen und auch ich selbst hielten damals die Annahme einer so ausgedehnten und mächtigen Inlandeisdecke für ganz ungeheuerlich. Trotz des lebhaften Widerspruches, den die Torell'sche Theorie zu Anfang namentlich von Seiten der ältern Geologen erfuhr, hat sie doch wie ein zündender Funke gewirkt, so dass sich vom Ende der siebziger Jahre ab ein bedeutsamer Umschwung der Ansichten über die Entstehung der erratischen Bildungen vollzog und in schneller Folge durch die gemeinsame Arbeit der in dem nordeuropäischen Glazialgebiete thätigen Geologen die Inlandeistheorie fest begründet und weiter ausgebaut wurde. Es muss hervorgehoben werden, dass hierbei namentlich auch James Geikie's »Great ice age« einen grossen Einfluss ausgeübt hat.

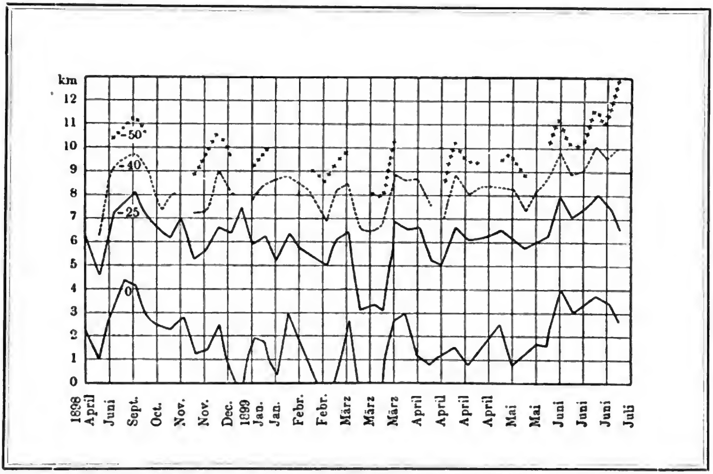
Die Auffindung der Glazialschliffe auf dem Rüdersdorfer Muschelkalk führte zunächst dazu, nach weitern Beweisen für die ehemalige Inlandeisbedeckung Norddeutschlands zu suchen. Eine besondere Aufmerksamkeit widmete man den dynamischen Erscheinungen des Inlandeises, zu denen vor allen Dingen die Einwirkungen des sich fortbewegenden Eises auf den Untergrund und die erodierende Thätigkeit der von ihm ausgehenden Schmelzwasser gehören. Die Schrammen und Schliffe auf dem anstehenden Gesteine galten stets als die besten Beweise für ehemalige Gletscherbedeckung, namentlich wenn andere, den glazialen Ursprung bestätigende Erscheinungen noch hinzukommen. An einer grössern Anzahl von Punkten fanden sich solche Glazialschliffe im Randgebiete des norddeutschen Flachlandes, namentlich im Königreiche Sachsen, wo ältere Gesteinskuppen häufiger unter dünner quartärer Decke zu Tage treten, aber auch auf den vereinzelten inselförmigen Vorkommen des ältern Gebirges innerhalb des norddeutschen Flachlandes sind die Schrammen an verschiedenen Punkten nachgewiesen worden, wenn festere Gesteine ihre Bildung und auflagernde Grundmoränen ihre Erhaltung ermöglichten. Eingehende Untersuchungen erstreckten sich auf die Struktur und Zusammensetzung des Geschiebemergels. Es wurde seine Identität mit den Grundmoränen der heutigen Gletscher festgestellt und auf die Bedeutung der in ihm enthaltenen gekritzten einheimischen und nordischen Geschiebe, sowie auf ihre Transportrichtung aufmerksam gemacht. Als weitere, durch den Druck des vorrückenden Inlandeises hervorgerufene Erscheinungen beobachtete man die Lokalmoränen und die Schichtenstörungen im Untergrunde des Geschiebemergels, die sich bei plastischen Bildungen als Faltungen und Stauchungen zu erkennen gaben. Aber nicht nur die oberflächlichen, in lockern, wenig widerstandsfähigen Bildungen beobachteten Schichten-

störungen liessen sich auf den Eisschub zurückführen, sondern auch tiefer greifende Faltungen und Faltenüberschiebungen, die namentlich das Tertiär, sowie auch die Kreide betreffen, sind als grossartige dynamische Wirkungen des Gletscherdruckes erkannt worden, die dort eintraten, wo gestauchte plastische Bildungen dem vorrückenden Eise einen bedeutenden Widerstand entgegensetzten.

Die Wirkungen der erodierenden Thätigkeit der vom Eisrande ausgehenden oder von der Oberfläche desselben in Spalten herabstürzenden Schmelzwasser fand man in den Strudellöchern oder Riesentöpfen, in den kreisförmigen Pfuhlen und Strudelseen, sowie in den langen parallelen Rinnensystemen, die ungefähr senkrecht zur Lage des ehemaligen Eisrandes die diluvialen Hochflächen durchziehen.

Während Torell und mit ihm mehrere Geologen die Vereisung Norddeutschlands anfangs als eine einheitliche, allerdings von verschiedenen grössern Oszillationen des Inlandeises unterbrochene Periode aufgefasst hatten, kam man durch eine genaue Untersuchung der verschiedenen Ablagerungen und namentlich der in ihnen vorkommenden faunistischen und floristischen Einschlüsse mehr und mehr zu der Auffassung, dass eine zweimalige, durch eine Interglazialzeit mit mildem Klima unterbrochene Vereisung Norddeutschlands eingetreten sei, deren Grundmoränen der obere und untere Geschiebemergel darstellten. Das Vorkommen der von nordischen Granden unterlagerten Paludinenbank unter dem untern Geschiebemergel der nähern Umgebung Berlins, die Beobachtungen einer primären marinen Fauna bei Hamburg zwischen zwei dem untern Diluvium zugehörigen Geschiebemergeln und die neuern Aufschlüsse im Elb-Trave-Kanal bei Lauenburg an der Elbe führen jedoch dazu, dass wir, ebenso wie dies in den Alpen bereits nachgewiesen worden ist, auch bei uns drei Vereisungen und zwei Interglazialzeiten annehmen müssen. In völliger Analogie mit den Alpen hatte die erste Vereisung die geringste Ausdehnung, die zweite dagegen erstreckte sich am weitesten nach Süden, während die dritte und letzte Vergletscherung zwar bedeutender war als die erste, aber den Umfang der zweiten nicht wieder erreichte.

Während die Forschungen im norddeutschen Flachlande auf der einen Seite darauf gerichtet waren, die historische Gliederung der Glazialablagerungen mit Hilfe der fossilienführenden Schichten festzustellen, erstreckten sie sich im letzten Jahrzehnte auch namentlich auf die genaue Untersuchung der Aufschüttungsformen des Inlandeises und auf die glaziale Hydrographie unseres Gebietes. Eines der wesentlichsten Resultate war der Nachweis der grossen Endmoränenzüge, deren Verlauf durch ganz Norddeutschland von der Nordgrenze Schleswig-Holsteins bis nach West- und Ostpreussen hinein, sowie auch in den südlich gelegenen Provinzen Posen und Schlesien festgelegt worden ist. Der Umstand, dass die Grundmoräne der letzten Vereisung in gleicher Ausbildung sowohl vor als



Die Isothermen von 0°, — 25°, — 40°, — 50°, in verschiedenen Höhen
nach den Untersuchungen von Teisserence de Bort.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch X. 1899.
Tafel 5.

hinter diesen Endmoränenzügen sich findet, führte zu der Erkenntnis, dass sie Etappen des Rückzuges, der letzten Inlandeisbedeckung bezeichnen und als Produkte von Stillstandsperioden angesehen werden müssen. Erst das genaue Studium dieser Endmoränenzüge und der damit in engstem Zusammenhange stehenden Erscheinungen führte zu einer Unterscheidung und Erklärung der verschiedenen, teils durch Aufschüttung, teils durch Erosion entstandenen glazialen Landschaftsformen und zur Aufstellung der verschiedenen Seentypen.

Die glaziale Hydrographie des norddeutschen Flachlandes hat in letzter Zeit dadurch, dass man die grossen alten Thalzüge mit den durch die Endmoränen angezeigten Rückzugsetappen des Inlandeises in Beziehung brachte, eine ganz neue Beleuchtung erfahren. Nun erst ist es möglich geworden, die successive Entstehung der grossen ost-westlichen Hauptthäler von Süd nach Nord und die durch die Terrassen erkennbaren mehrfachen Niveauschwankungen ihrer Wasserführung zu erklären. Indem das Eis in der letzten Abschmelzperiode bis zu einer nördlichern Stillstandslage sich zurückzog, wurden jedesmal dem Abzuge der bisher durch den Eisrand gestauten Wasser neue Wege eröffnet«.

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Die neuentdeckten Gase Argon, Helium, Neon, Krypton und Xenon besprach Prof. W. Ramsay in der sechsten Sitzung der Abteilung für Chemie und Mineralogie der 71. Versammlung deutscher Naturforscher zu München 1899. Nachdem 1894 das Argon und 1895 das Helium aufgefunden waren, erwartete man mit einigem Rechte, dass noch andere Elemente in der atmosphärischen Luft gefunden würden. In der That gelang dies 1898 Ramsay und Travers. Die Abscheidung der Gase erfolgt aus verflüssigter Luft, in der sie spärlicher enthalten sind als Gold im Meerwasser, indem z. B. in 600000 *l* Luft nur 4 *ccm* Xenon vorkommen. Die neuen Gase bilden eine eigene Reihe im periodischen Systeme, und zwar stehen sie den Halogenen in folgender Weise gegenüber:

	Atomgewicht		Dichte	Atomgewicht
H	= 1.0	Helium . . .	1.98	4.0
Fl	= 19.0	Neon	10.00	20.0
C	= 35.5	Argon	19.96	40.0
Br	= 80.0	Krypton . . .	40.8	81.6
J	= 127.0	Xenon	64.0	128.0

Der Refraktivität nach fügen sie sich gut in den Zusammenhang zwischen Atomgewicht und Brechungsquotient der übrigen Elemente ein. Das Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke und konstantem Volumen ist für Argon 1.66, und zwar bis zum Siedepunkte der Luft (bei -185^{0}). Die sämtlichen Gase haben wahrscheinlich eine sehr einfache Struktur, indem die Moleküle einatomig sind. Noch nicht untersucht sind Siedepunkt und Viskosität der neuen Gase.

Die Menge des Sauerstoffes in der Atmosphäre im Vergleiche zu jener in der Erdkruste. G. Stoney machte hierüber einige interessante Bemerkungen[1]). Die Atmosphäre besteht aus etwa 22.7 % Sauerstoff, 76 % Stickstoff und Argon und 1.3 % Wasserdampf und andern Bestandteilen. Da der mittlere Druck pro Quadratzentimeter 1033 *g* ist, folgt für den Sauerstoff 234.5 *g* über jedem Quadratcentimeter der Erdoberfläche.

Wasser enthält acht Teile Sauerstoff auf ein Teil Wasserstoff, es sind also 234.5 *g* Sauerstoff in 264 *g* Wasser enthalten. Eine Wasserschicht von 264 *cm* Tiefe enthält also so viel Sauerstoff wie die ganze Luft. Nicht anders verhält es sich auf dem festen Lande, eine Schicht der festen Erdkruste von derselben Tiefe enthält ebenso viel, wenn nicht mehr an Sauerstoff.

Man kann also sagen, dass eine Schicht von etwa $2^1/_2$ *m* der festen und flüssigen Erdkruste so viel Sauerstoff enthält, als die ganze Atmosphäre. Diese letztere bildet aber nur einen verschwindend kleinen Teil des gesamten Sauerstoffgehaltes der Erde, und ein kleines Plus an Sauerstoff in der Erdkruste hätte genügt, unsere Atmosphäre ihres ganzen Sauerstoffgehaltes zu berauben.

Das Vorkommen von Jod in der Atmosphäre ist durch Armand Gautier untersucht worden[2]). Es wurde zu diesem Zwecke Luft aus der Stadt, aus dem Walde, vom Meere und aus Gebirgen untersucht, und zwar sowohl die reine Luft als die in ihr schwebenden Partikelchen. Die Luft wurde zu diesem Zwecke durch Glaswolle filtriert und von den in der Glaswolle zurückgebliebenen, festen Körperchen die im Wasser löslichen (Jodüre) und die unlöslichen (organischen und organisierten Stoffe) auf Jod untersucht. Die Stadtluft war in Paris in Höhe von 3 *m* über dem Boden, in der Zeit vom Mai bis November 1898 und vom November 1898 bis März 1899, entnommen; im Walde von Sainville wurde die Luft in 170 *m* Höhe im Juli gesammelt; vom Gebirge (Ost-Pyrenäen) aus 2400 *m* Höhe im August; die Meeresluft stammte vom Leuchtturme zu Rochedovres (60 *km* von der Küste) im Oktober bei einem Winde der vom Meere herkam.

Die bei den sorgfältig ausgeführten Analysen gefundenen Thatsachen zeigen, dass 1. die Luft in Paris weniger als $^1/_{500}$ *mg* Jod in 4000 *l* Luft enthält. Gasförmig existiert das Jod in merklicher Menge weder in der Luft von Paris, noch in der Luft des Waldes, des Gebirges oder des Meeres. 2. Dasselbe gilt für Jod, das sich in Gestalt von löslichen Salzen im Staube finden könnte. 3. Hingegen findet man, wenn man 2000—3000 *l* Luft aus Paris, oder 200—300 *l* von dem Meere verarbeitet, eine kleine Menge Jod in fester, im Wasser unlöslicher Form. Dieses Jod wird nur wahr-

[1]) Phil. Magaz. 1899. **47**. p. 565.
[2]) Compt. rend. **128**. p. 643.

nehmbar, wenn man die Glaswolle, auf welcher es sich abgesetzt hat, mit schmelzendem Kali behandelt; es scheint somit in der Luft in Form komplizierter Jodverbindungen vorzukommen, vielleicht von Algen, Flechten, Moosen, Schizophyten oder Sporen. In dieser Form wurde in 1000 *l* Luft zu Paris 0.0013 *mg*, auf dem Meere 0.0167 *mg* gefunden, d. h. die Meeresluft enthält 13 mal so viel Jod in ihren suspendierten Körperchen als die Stadtluft, was auf das Meer als Hauptquelle des atmosphärischen Jods hinweisen würde.

Wenn das Jod, wie es aus dem Fehlen der löslichen Salze und aus dem Verhalten zum Kali wahrscheinlich ist, wirklich den organisierten Meeresbestandteilen (Diatomeen, Algen, Sporen u. a.) entstammt, dann muss der jodhaltige Staub leichter sein als der jodfreie und in grössern Höhen angetroffen werden als dieser. In der That enthielten 100 *g* Staub aus 40 *m* über der Erde nur 0.066 *mg* Jod, während aus 77 *m* Höhe 100 *g* Staub 0.551 *mg* Jod ergeben haben; der leichtere, organische Staub enthielt also achtmal so viel Jod als der schwerere. Dies spricht sehr dafür, dass das Jod vorzugsweise aus den mikroskopischen Algen und Sporen des Meeres herstammt, obwohl auch die niedern Landpflanzen zu diesem Gehalte der Luft an Jod beitragen können[1]).

Die Polarisation des Lichtes der Atmosphäre ist von Chr. Jensen 1894—1896 beobachtet und untersucht worden[2]). Diese Beobachtungen beschränken sich auf Untersuchung der Polarisation des Zeniths, und kommt Verf. zu folgenden Resultaten:

1. Es hat sich gezeigt, dass der tägliche Gang der Polarisation im Zenith in erster Linie durch die Sonnenhöhe bedingt ist, und zwar wurde eine Beziehung gefunden, die durch eine Kurve darstellbar war, welche einen fast geradlinigen Anstieg der Polarisation von etwa 54° bis auf nahezu —2° Sonnenhöhe zeigt, worauf ein Abfall eintritt. 2. Vergleicht man die im Juli, die im September und die während sämtlicher Monate des Jahres beobachteten und nach Tageszeiten zusammengefassten Polarisationswerte mit der eben genannten Kurve, so ergeben die gegen die »Normalhöhenkurve« genommenen Differenzen einen von der Sonnenhöhe befreiten, ausgeprägten Tagesverlauf, dessen Schwankung im Juli am stärksten ausgesprochen war. Die sich bei sämtlichen Kurven in den Mittagsstunden relativ schwach zeigende Polarisation scheint in nächster Beziehung zu einem um diese Zeit vorhandenen Bewölkungsmaximum zu stehen. Am späten Nachmittage geht die Polarisation im Zenith wieder zurück. 3. Die analog durchgeführte Vergleichung der nach Jahreszeiten angeordneten Polarisationswerte mit der Normalhöhenkurve macht es wahrscheinlich, dass die Polarisation im Sommer relativ gering, im Winter relativ gross ist. 4. Es fand sich bestätigt,

---

1) Naturwiss. Rundschau 1899. No. 20.
2) Beiträge zur Photometrie des Himmels. Kiel 1898.

dass Nebel, Rauch und Wolken, indem sie die Polarisationsgrösse herabdrücken, äusserst störend auf den regelmässigen Gang des Phänomens einwirken. 5. Für rote und für grüne Strahlen wurde die Beziehung zwischen der Helligkeit im Zenith und der Sonnenhöhe (und zwar zwischen den Höhen -8^0 und 45^0) durch Kurven festgestellt.

Über neue Spektrallinien der Atmosphäre berichteten Moissan und Deslandres der Pariser Akademie der Wissenschaften. Sie versprechen sich von ihrer Beobachtung möglicherweise einen Nutzen für die von Ramsay und Travers in die Wege geleiteten neuen Untersuchungen der flüssigen Luft mittels fraktionierter Destillation. Sie untersuchten die Gase, die das im Vakuum erwärmte Mineral Cerit aussendet, und insbesondere den Rest, welcher nach der Explosion im Eudiometer mit Sauerstoff und nach der Absorption des Sauerstoffes durch Pyrogallussäure bleibt. Der Rest, 1—2 *ccm*, wird zur spektralen Untersuchung in eine luftleere Röhre gebracht, die mit einer Quecksilberröhre und mit Röhren, die zum Trocknen Pottasche und Phosphorsäureanhydrid enthalten, verbunden ist.

Das besonders im blauen und violetten Teile untersuchte Spektrum zeigte die charakteristischen Banden des Stickstoffes verhältnismässig stark, die Heliumlinien, einige Argonlinien und überdies die bisher in keinem bekannten Gase vorkommenden Linien von den Wellenlängen: 445.17, 414.37, 411.00, 410.80, 410.05.

Es waren jedoch stets die charakteristischen Stickstoffbanden vorhanden, und da der Stickstoff zum Teil von den Manipulationen am Quecksilber herrühren konnte, so führte dies auf die Vermutung, dass die atmosphärische Luft irgend eine Rolle dabei spiele; deswegen wurde gewöhnliche Luft in die Röhre gebracht und ihr Spektrum bei abnehmenden Drucken untersucht. Auch jetzt erschienen die neuen Linien noch, aber nur unter einem bestimmten Drucke, der kleiner ist als 1 *mm* und geringer als derjenige, bei dem Stickstoffröhren am hellsten glänzen. Schwach bemerkte man bei diesem Drucke auch die charakteristischen Argonlinien.

Die neuen Linien erschienen stärker, wenn man die Luft durch Stickstoff ersetzte, der in der gewöhnlichen Weise gewonnen war. Anderseits verschwanden die Stickstoffbanden, wenn man den Stickstoff durch Lithium oder Magnesium absorbieren liess.

Mithin sind diese neuen Linien entweder dem Stickstoff bei niedrigen Drucken eigentümlich, oder sie gehören einem neuen, in der Atmosphäre enthaltenen Gase an, das in seinen chemischen Eigenschaften dem Stickstoff nahe steht. Wegen des gleichzeitigen Auftretens der Argonlinien halten Moissan und Deslandres das letztere für wahrscheinlich[1]).

[1]) Zeitschr. f. kompr. u. flüssige Gase 2. 78, durch Pharm. Centralh. No. 39. p. 703.

Über die neuern Messungen der Konstante der Sonnenstrahlung verbreitete sich eingehend G. B. Ricco[1]). Die von den verschiedenen Beobachtern gefundenen Unterschiede sind so bedeutend, dass sie weder auf wirkliche Veränderungen, noch auch, wie Ricco meint, auf Beobachtungsfehler zurückzuführen sind, vielmehr müsse man annehmen, dass die Verschiedenheit der bei der Berechnung benützten Methoden die Ursache sei. Die bisher angewandten Reduktionsformeln kann man in zwei Gruppen unterscheiden: Inklinations- und Höhenformeln. Bei den erstern nimmt man für eine beliebige Station ein Gesetz an, nach welchem die Intensität der Sonnenstrahlung vom Neigungswinkel der Strahlen gegen die Ebene des Horizontes abhängt; bei den andern bestimmt man zunächst die Intensität der Strahlung an Stationen in verschiedenen Meereshöhen und hierauf die Intensität als Funktion des Druckes der von den Strahlen durchlaufenen Luftschichten. Diese Höhenformeln sind nun nach Ricco allein zulässig, und sie liefern gut übereinstimmende Werte. Nach der von Ricco gegebenen Formel findet sich, dass die Sonnenkonstante zwischen 2.5 und 2.6 kleinen Kalorien (pro Quadratzentimeter und Minute) liegt.

14. Lufttemperatur.

Die Temperatur der freien Atmosphäre und ihre Änderung mit der Höhe. L. Teisserenc de Bort hat[2]) seit April 1898 zu Trappes eine grosse Anzahl von unbemannten Ballons aufsteigen lassen, die, mit Registrierapparaten versehen, die Temperaturverhältnisse in verschiedenen Höhen der Atmosphäre ermitteln sollten. Im ganzen sind 100 Aufstiege ausgeführt worden, wovon 7 bis über 14000 *m* Höhe erreichten, 24 bis 13000 *m*, 53 bis zu 9000 *m*. Die Ergebnisse der sorgfältigen Prüfung der erhaltenen Kurven ergaben folgende Resultate:

1. Die Temperatur zeigt in verschiedenen Höhen im Laufe des Jahres bedeutende Schwankungen, und zwar viel beträchtlichere, als man nach den frühern im Ballon gemachten Beobachtungen angenommen hat.

Die Temperatur 0° findet sich in sehr verschiedenen Höhen; dies erklären ausreichend die Temperaturschwankungen des Bodens, der selbst diese Temperatur oft im Winter erreicht, während er sich im Sommer stark erwärmt. So kann die Isotherme von 0°, welche zu bestimmten Zeiten am Boden liegt, oder überhaupt nicht in der Atmosphäre existiert (in den Fällen negativer Temperaturen), sich zu andern Zeiten von ihm entfernen, und in der warmen Jahreszeit kann sie oberhalb 4000 *m* angetroffen werden.

---

[1]) Mem. Reale Accademia della Scienze di Torino 1898. Ser. 2. 47. p. 319.
[2]) Compt. rend. 129. p. 417.

Die Isotherme — 25°, die gewöhnlich vom Boden entfernt bleibt, ist auch grossen Schwankungen der Höhe unterworfen. Man findet sie in etwa 3000 *m* im Winter und oberhalb 7000 *m* im Sommer. Im September wurde sie sogar in mehr als 8000 *m* angetroffen; das macht im Verlaufe von 16 Beobachtungsmonaten eine Höhenschwankung von 5000 *m* (während wahrscheinlich die Extreme noch gar nicht zur Beobachtung gelangten).

Die Isotherme von — 40° hat sich wiederholt bis 6000 *m* hinabgesenkt; sie liegt gewöhnlich bei 9000 *m* und übersteigt selbst diese Höhe, namentlich gegen Ende des Sommers.

Die Temperatur von — 50° ist niemals weit unterhalb 8000 *m* angetroffen worden; in grösster Höhe wurde sie im September 1898 und im Juli 1899 angetroffen, nämlich in 12000 *m*. Sie schwankt also um mindestens 4000 *m*. Man erkennt also, dass selbst in dieser Höhe, wo man zwei Drittel der Atmosphärenmasse unter sich hat, die Schwankungen der Temperatur noch sehr gross sind.

2. Diesen Beobachtungen gemäss scheint es, dass selbst bis gegen 10000 *m* eine ziemlich ausgesprochene Tendenz zu einer jährlichen Schwankung der Temperatur existiert; das Wärmemaximum tritt gegen Ende des Sommers auf, das Minimum am Ende des Winters, aber diese Erscheinung wird gestört durch Schwankungen von einem Tage zum andern, die durch Änderungen der atmosphärischen Verhältnisse bedingt werden, Schwankungen, die sehr ausgesprochen sind. So fand man z. B. in ein und derselben Jahreszeit die Isotherme von — 40° in 8500 *m* Höhe am 14. März 1899 und in 6600 *m* am 24. März.

Wenn man die Veränderlichkeit der Temperatur in verschiedenen Höhen berechnet, indem man die positiven und negativen Abweichungen der Temperaturen von dem allgemeinen Mittel für diese Höhen bei jedem Aufstiege bestimmt, sieht man, dass, sowie man sich etwas vom Boden entfernt hat, die Abweichungen nicht viel mit der Höhe differieren bis zu 9000 *m*. Eine Zusammenstellung der mittlern Abweichungen zeigt (entgegen der bisherigen Annahme), dass eine schnelle Abnahme der Veränderlichkeit der Wärme mit der Höhe nicht existiert. Die Temperaturabnahme in senkrechter Richtung variiert vielmehr merklich von einem Tage zum andern, und diese Schwankungen sind wie die Temperatur selbst an die verschiedenen atmosphärischen Zustände geknüpft.

Über die vertikale Temperaturabnahme in der Atmosphäre bemerkt Dr. Assmann[1]), dass die Beobachtungen während der zahlreichen von Berlin aus unternommenen Luftfahrten gezeigt haben, dass die Vielgestaltigkeit der atmosphärischen Vorgänge in den untern Schichten bis zur Höhe von etwa 4000 *m* eine ausserordentliche Vermehrung der Beobachtungen erheischt, während in den

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 266.

höhern Regionen schon wenige »Stichproben« ausreichen, um ein zutreffendes Bild der dort herrschenden Zustände zu gewinnen. Betrachtet man die Temperaturen, wie sie sich aus 64 dieser wissenschaftlichen Freifahrten in den verschiedenen Höhen ergeben haben, so wird man bemerken, wie eine schnelle Abnahme der Schwankungsgrösse oberhalb von 4000 *m* eintritt. Folgende kleine Tabelle giebt einen Auszug aus diesen Beobachtungen, denen, was nicht unerwähnt bleiben darf, volle Zuverlässigkeit zuerkannt werden muss.

Höhe *m*	Zahl der Beobachtungen	Maximum	Minimum	Unterschied
0	62	26°	— 6°	32°
1000	62	18	—11	29
2000	53	12	—18	30
3000	43	7	—22	29
4000	30	2	—30	32
5000	18	— 5	—28	23
6000	10	—11	—34	23
7000	4	—20	—32	12
8000	3	—31	—39	8
9000	1	—46°		—
9150	1	—48		—

Die Lage der Isotherme von 0° C. hat E. Illés v. Edvi jr. einer mathematischen Betrachtung unterzogen[1]). Unter Annahme einer Anzahl vereinfachender Voraussetzungen, z. B. dass die Luft diatherman ist und nur vom Erdboden aus erwärmt wird, und dass sie ursprünglich in ihrer ganzen Höhe eine bestimmte Temperatur besessen habe, kommt er zu folgendem Ergebnisse: Die Schwankung der einzelnen thermischen Niveauflächen, das Steigen oder Sinken derselben hat nicht die gleiche Schwankung der barometrischen Niveaus notwendig zur Folge. Die Schwankung der letztern ist in der Wirklichkeit viel geringer, als diejenige, welche sich aus den theoretischen Erwägungen ergiebt.

15. Luftdruck.

Der tägliche Gang des Barometers in Nordamerika. J. Hann hat zu den bisher von ihm bezüglich der täglichen Oszillation des Barometers untersuchten Orten noch 20 andere hinzufügen können, von denen in einer Publikation A. W. Greely's, Beobachtungen angeführt werden[2]). Die von Prof. Hann berechneten und aufgeführten Tabellen geben ihm Veranlassung zu folgenden Bemerkungen:

»Die Phasenzeit (A_1) der ganztägigen Schwankung ist ziemlich übereinstimmend von 50° Breite bis herab zu 18° (wenn man Halifax und Port-au-Prince ausnimmt). Sie ist im Mittel aller Stationen östlich von 100° W und der Stationen an der pazifischen Küste

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 157.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 420.

344°, d. i. das Maximum tritt um 7^h vormittags ein. Auf den Plateaus im W von 100° W aber tritt dasselbe schon ca. $1\frac{1}{2}$ Stunden früher ein ($A_1 = 8°$ bei Ausschluss von Salt-Lake-City, das den Charakter einer Küstenstation zu haben scheint).

Die Phasenzeit (A_2) der halbtägigen Barometerschwankung ist im O systematisch verfrüht, das Maximum fällt auf $9\frac{1}{2}^h$ morgens und abends ($A_2 = 163°$), im W an der pazifischen Küste (ähnlich wie unter europäischen Meridianen in gleicher Breite) nach 10^h ($A_2 = 148°$). Die Plateauländer nehmen eine Mittelstellung ein ($A_2 = 158°$).

Die Amplitude der ganztägigen Schwankung (a_1) zeigt keine bestimmte Abhängigkeit von der geographischen Breite, sie ist örtlich recht verschieden. Die Amplitude der halbtägigen Schwankung (a_2) dagegen zeigt unter allen Meridianen eine sehr regelmässige Zunahme mit Abnahme der Breite, doch scheint sie an den Küsten unter gleicher Breite etwas grösser zu sein, als im Innern des Kontinentes.«

Über Schwankungen in der Luftdruckverteilung verbreitete sich Prof. R. Börnstein in der Sitzung am 19. September der meteorologischen Gruppe der Versammlung deutscher Naturforscher zu München 1899. Aus den Barogrammen von Berlin, Magdeburg (je 15 Jahre) und Potsdam (6 Jahre) wurde der Gang des Luftdruckes im siderischen Monate hergeleitet und zeigte übereinstimmend eine einmalige Schwankung, deren Maximum auf den 12., deren Minimum auf den 23. Tag nach dem nördlichen Lunistitium fällt. Mit geringerer Deutlichkeit fand sich diese Schwankung in Wien vor, noch weniger in Upsala, San Fernando und Port-au-Prince, gar nicht in Batavia.

Über die Ursache der doppelten täglichen Oszillation des Barometers giebt G. Tippenhauer einige Ausführungen[1], in denen er eine Erklärung derselben auf rein dynamischer Grundlage versucht. Er kommt zu dem Schlusse, dass die Amplitude der dynamischen täglichen Oszillation annähernd dem Cosinus der geographischen Breite proportional ist.

16. Wolken.

Die Bewölkung über den Alpen vom Ballon aus, gelegentlich der Fahrt der Wega über Alpen und Jura gesehen, schilderte Prof. Heim[2]. »In dem von uns überblickten Lande,« sagt er, »waren vier verschiedene Typen von Wolken zu beobachten, welche nach Lage und Verhalten sich ganz verschieden zeigten. Auffallenderweise ist aber die Bewölkung bei allen Arten von Wolken den ganzen Tag hindurch unverändert geblieben, es trat kein Wechsel ein.

[1] Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 120.
[2] Die Fahrt der Wega. Basel 1899. p. 66 ff.

1. Als wir zuerst etwa auf 4000 *m* Meerhöhe über den Diablerets gestiegen waren, sahen wir durch die Passlücken des Gebirgsgrates hinter dem Matterhorn, Mont Colon und Grand Combin dicke, schwarze Regenwolken lagern. Sie schienen aus dem Aostathal, das wie ein schwarzes Loch aussah, über die Grate in Wallis kommen zu wollen, lösten sich aber immer wieder auf und überschritten den südlichen Walliserbergkamm nicht. Sie blieben stets an derselben Stelle unverändert gelagert von vormittags $^1/_2$12 Uhr bis mittags gegen 2 Uhr so lange wir sie beobachten konnten. Unser SO-Wind wäre herrlich gewesen, um von Locarno aus die Alpen zu überfliegen, allein auf der Südseite der Alpen war durchweg Regenwetter, so dass man von dort am 3. Oktober gar nicht an die Fahrt hätte denken dürfen.

2. Die Alpengipfel waren umlagert von kleinen Ballwolken (Cumuli). Dieselben reichten an den Bergen des Rhonethalgebietes kaum unter 3000 *m* hinab. Der Thalstrich und die tiefern Gehänge waren vom klarsten Himmel überwölbt, die Gipfel unter 3000 *m*, z. B. die meisten Berge des Chablais, waren wolkenfrei, Diablerets, Muveran, Dent du Midi u. s. w. trugen Wolkenmützen, und der Mont Blanc entblösste sein Haupt den ganzen Tag nie. Diese Ballwolken häuften sich nicht zu grossen Massen, sie blieben klein und wie klebend am Berge. Vom Ostnordostwind getrieben strichen sie an den Bergen langsam in wenig veränderlicher Gestaltung hin. Bald liessen sie da, bald dort einige bekannte Gipfel zwischen sich herausschauen, aber sie verhinderten einen einheitlichen Blick auf das Gipfelheer der Alpen. Die Anordnung dieser Ballwölklein zeigte deutlich die Abhängigkeit ihrer Bildung und Lagerung vom Terrain, sie entstanden nur nahe der Bergoberfläche und krochen auf derselben hin, nur selten wie z. B. über dem Chablais entfernten sie sich in einigen grössern Lappen abstehend in die freie Luft hinaus. Gegen Osten war das Gewirre der Ballwolken lückenreicher. Den Tödi hüllten sie meistens ein, den Mürtschenstock, Säntis, Urirothstock, Glärnisch, die freilich alle nicht ganz 3000 *m* erreichen, liessen sie vollständig frei. Unsere Fahrt brachte uns über dem Thale so hoch, dass wir die Bergwolken kaum streiften, wir blieben beständig hoch über denselben.

3. Das Nebelmeer war am 3. Oktober 1898 als eine ebene horizontale dünne Schicht kleiner Ballwolken entwickelt, welche offenbar die Grenzregion zwischen der obern Strömung aus SO und der untern aus NO bedeutete und in fast stiller Luft stille stand. Über dem Nebelmeere war der Himmel vollständig klar, und höhere Cirruswolken fehlten fast ganz. Unter dem Nebelmeere aber war ein feiner, glatter, bläulich-weisser Dunst, welcher mit ziemlich scharfer Grenze nach oben gerade bis ins Niveau der kleinen Nebelmeerwölkchen reichte. Die Nebelmeerschicht war glücklicherweise sehr lückenhaft. Gerade über dem grössten Teile der westlichen Schweiz, wo wir fuhren, war sie bloss angedeutet durch vereinzelte kleine Wölklein, welche, von oben wie Baumwollflocken aussehend, streng

am obern Rande der untern trübern Luftschicht sich hielten, das Land war offen. So reichten die blossen Andeutungen des Nebelmeeres ins Rhonethal bis Val d'Illiez, aber nicht weiter hinauf. Man sah die obere Dunstgrenze mit einigen Wolkenflocken deutlich über Thuner- und Brienzersee. Über Bern und im Jura, von Neuenburg an östlich, war die Nebelmeerschicht zusammenhängend, so dass Pilatus, Rigi, Mythen, Säntis als Inseln daraus hervorragten. Dort im Osten stand ihre obere Grenze zwischen 1400 und 1500 *m* (Rigikaltbad eben noch sichtbar), gegen Westen und in die Alpenthäler hinein eher etwas höher bei 1600—1800 *m*. Die Dicke der Nebelmeerschicht nahe ihrem Rande schien meistens nicht viel mehr als 50—100 *m* zu betragen, nur wo sie dicht zusammenhängend war, wie z. B. wo wir sie beim Abstiege durchfahren haben, mag sie über 200 *m* erreicht haben. Nirgends mischten sich die vorher besprochenen Alpenwolken mit den Gebilden des lückenhaften Nebelmeeres. Die erstern lagen höher und nur vom Diableretkamme an südlich, die letztern tiefer und von den Alpen an nördlich. Die erstern schmiegten sich der Gebirgsoberfläche an, die letztern waren in ein ebenes Niveau geordnet, welches ganz unabhängig von der Gestaltung und der Beschaffenheit des Untergrundes blieb. Kaum war hie und da ein zwischenliegendes Wölklein zu sehen, dessen Zugehörigkeit zur einen oder andern dieser Kategorien zweifelhaft gewesen wäre. In der Form des einzelnen Wölkchens war aber kein Unterschied zu sehen, er lag nur in der Gruppierung und Stellung. Das ganze Gebilde des Nebelmeeres erschien dem Auge als eine unermessliche Ebene, etwa als ob eine etwas trübe Glasplatte mit Baumwollflocken überstreut zwischen den tiefern und höhern Luftschichten im Niveau von 1600—1800 *m* stünde. Senkrecht hinab gesehen war die Trübung durch die untere Luftschicht wenig bemerkbar, wohl aber bildete sie für die schiefe oder flache Blickrichtung einen Schleier über der Erdoberfläche. Die photographischen Aufnahmen wurden durch den letztern sehr stark beeinträchtigt. Die Nebelmeerschicht in dieser Gestaltung ist wohl bei sonst guter Witterung eine bezeichnende Herbsterscheinung. Sie trug nicht wenig dazu bei, im Beschauer das Gefühl zu erwecken, dass er abgeschlossen von der Erde, ausserhalb derselben in einer andern Welt schwebe.

Dass über der Nebelmeerschicht SO-Wind, darunter NO wehte, ferner dass sie da, wo wir sie beim Abstieg durchfielen, sehr dick grau und dunkel uns vorkam, haben wir schon hervorgehoben. Auch an dieser Stelle betone ich die Thatsache, dass sich gar keine Beziehung von der Bodengestalt zu den Lücken und Rissen im lückenhaften Nebelmeere erkennen liess. Während unserer ganzen Fahrt schlug nie der Laut eines Vogels an unser Ohr. Über dem Nebelmeere als Hintergrund hätten wir z. B. fliegende Raben sehr gut sehen sollen. Ich habe darauf geachtet, aber nichts entdeckt. Die Vögel halten sich alle dem Boden nahe, und nur im Gebirge über Thälern

gelangen sie gelegentlich in grosse Höhen. Die Luftschichten über dem tiefen Lande scheinen schon in 2000 *m* Höhe ohne jeden belebten Bewohner zu sein, auf 6000—7000 *m* über dem Tieflande steigt nie ein Vogel.

4. Gegen Osten hoch über den Alpen und ebenso gegen Norden und Westen in unbekannter Entfernung standen am sonst dunkel schwarzblauen Himmel einige trübe verschwommene weissliche Streifen. Man muss sie wohl zu den Cirro-Stratus-Wolken stellen. Sie bildeten glatte, nicht geschäfelte Federn, sie waren also auch nicht als Niveau eines Windrichtungswechsels zu deuten. Unsere Fahrt brachte uns nicht in Verbindung mit diesen obern Wolken. Der Himmel senkrecht über uns war auf der ganzen Länge unserer Fahrt wolkenfrei. Niemals traf uns ein Schatten, selbst nicht eine Lichtschwächung durch einen Cirrus. Wie hoch jene Cirro-Stratus-Wolken waren, ob höher als die Kulmination unserer Fahrt oder nicht, konnten wir nicht beurteilen.«

Höhenmessungen der Wolken in Schweden. Über die schwedischen Beobachtungen während des internationalen Wolkenjahres ist ein Bericht von Hildebrandsson, Lundal und Westman erschienen [1]), welcher neben einer historischen Einleitung die photogrammetrischen Messungen in Upsala 1896—1897 bringt, und aus dem R. Süring einen Auszug giebt [2]). Die Ergebnisse für die Höhen der einzelnen Wolkenformen und für ihre Geschwindigkeiten enthält folgende Tabelle:

	Höhen in *km*				Geschwindigkeiten in *m* p. s.			
	Mittel				Mittel			
	Sommer	Winter	Maxim.	Minim.	Sommer	Winter	Maxim.	Minim.
Ci	8.18	6.98	11.34	3.61	20.1	22.9	67.7	3.3
Ci.-S	6.36	5 46	9.95	2.92	39.3	13.1	54.0	8.6
Ci.-Cu	6.45	6.13	10.63	2.46	17.1	17.7	62.2	2.2
A -S	2.77	4 09	6.62	1.47	5.4	—	14.5	0.8
obere A.-Cu	5.22	5.03	8.85	4.01	14.9	16.2	39.0	5.0
untere A.-Cu	2.68	3.28	3.99	1.28	8.7	9.5	31.6	1.5
S.-Cu	1.77	1 96	4.39	0.47	6.7	12.5	33.9	1.6
N.	1.20	0.99	2.54	0.23	7.1	6.1	12.3	1.7
Cu-Gipfel	2.00	1.52	4.40	0.67	7.0	11.6	19.1	0.6
Cu-Basis	1.45	0.71	2.93	0.52	6.3	—	7.4	2.7
Cu	1.68	1.65	3.68	0.78	15.0	7.8	41.4	2.5
Fr.-Cu	1.83	1.22	3.38	0.41	7.8	11.5	14.5	3 5
Cu.-N. Gipfel	3.97	5.18	9.02	2.28	8.8	17.3	27.5	1.6
Cu.-N. Basis	—	1.38	2.58	1.38	—	—	—	—
S.	—	0.51	0.55	0.47	—	—	—	—

Die Übereinstimmung mit den frühren Wolkenmessungen in Schweden ist sehr befriedigend. Der Einfluss der Jahreszeiten spricht sich bei den meisten Wolkenformen deutlich aus, eine Ausnahme

[1]) Études internationales des Nuages 1896—1897. Upsala 1898.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 92.

machen A.-S, unterer A.-Cu, S.-Cu und Cu.-N. Im allgemeinen steigt die Höhe einer bestimmten Wolkenform vom April bis zum Juni oder Juli rasch an und nimmt dann langsam bis zum Dezember ab. Das abweichende Verhalten von Ci.-Cu, A.-Cu und Cu.-N (Herbstmaximum) scheint charakteristisch zu sein. Für eine genaue Ermittelung der täglichen Periode ist das Material nicht umfangreich genug, immerhin lässt sich erkennen, dass mittags die Ci ein Maximum, die mittlern Wolken ein Minimum der Höhe haben, während die untern Wolken bis zum Nachmittage ansteigen.

Der Einfluss der Temperatur auf die Wolkenhöhe ist bei den untern Wolken natürlich sehr scharf ausgesprochen; die A.-Cu zeigen trotz zahlreicher Messungen fast gar keine Abhängigkeit, deutlicher ist wiederum das Ansteigen der Höhe mit zunehmender Temperatur bei den Ci, jedoch scheint auch hier bei mittlern Temperaturen ein Maximum erreicht zu werden. Die Beziehung der Wolkenhöhe zum Luftdrucke ist ebenfalls wenig ausgeprägt; im allgemeinen sind die Wolkenhöhen bei tiefem Luftdrucke am niedrigsten, erreichen bei normalem Drucke ein Maximum und sinken dann wieder. Die folgende Tabelle lässt weitere Einzelheiten — besonders betreffs der untern Wolken — erkennen.

Beziehung der Wolkenhöhe (*km*) zu Temperatur und Luftdruck.

Temperatur	Ci	Ci-Cu	A.-S	obere A.-Cu	untere A.-Cu	S.-Cu	N	Cu-Gipfel	Cu-Basis
< — 10°	5.77	—	—	—	2.82	0.77	—	—	—
— 10 bis — 5°	6.80	5.04	—	—	2.37	1.06	—	—	—
5 » 0°	6 75	6.13	—	4.49	2.46	1.51	0.91	—	—
0 » 5°	7.34	6.15	2.54	4.26	3.14	1.49	0.98	1.34	0.77
5 » 10°	7.33	7.02	3.61	4.76	2.58	1.70	0.85	1.44	1.20
10 » 15°	7.94	6.89	3.08	5.57	2.45	2.08	0.93	1.84	1.36
15 » 20°	8.38	6.22	3.00	5.63	2.73	1.85	1.34	2.10	1.30
20 » 25°	8.82	6.32	3.02	4.67	3.16	1.59	1.56	2.25	1.64
25 » 30°	8.45	5.54	2.70	5.26	3.23	—	1.34	2.76	2.19
über 30°	—	—	—	—	—	—	—	3.32	2.66
Luftdruck									
<745 *mm*	6.42	6.99	—	4.77	3.21	1.70	0.99	1.71	0.89
745—750	6.76	5.82	6.17	5.47	2.23	1.89	1.01	1.91	1.17
750—755	7.45	6.53	3.23	5.20	3.06	1.91	1.16	1.94	1.45
755—760	8.28	5.99	2.90	5.16	2.79	1.74	1.19	2.17	1.62
760—765	8.04	7.12	1.87	5.00	2.68	1.52	1.30	1.99	1.31
765—770	8.45	6.23	5.64	6.05	2.31	1.35	0.86	1.77	1.40
> 770	8.37	6.47	2.54	4.61	3.00	1.71	0.70	1.40	0.79

Über die Änderung der Wolkengeschwindigkeit mit zunehmender Höhe geben die folgenden Zahlen unmittelbar Aufschluss:

Höhenschicht	Sommer	Winter
0— 2000 *m*	9.3 *m* p. s.	9.0 *m* p. s.
2— 4000	6.6	10.8
4— 6000	12.0	19.9
6— 8000	20.3	20.5
8—10000	19.7	33 5
Mittel:	13 6	18 7

Die Richtung des Wolkenzuges weicht gegen den Unterwind überwiegend nach rechts (im Sinne des Uhrzeigers) ab, besonders im Winter; die Grösse der Abweichung ist jedoch sehr schwankend.

Für praktische Verwendung der Wolkenmessungen wenig erfreulich ist das Ergebnis, dass die Wolkenformen, mit Ausnahme der Fr.-Cu, sich wenig an eine bestimmte Höhenschicht binden; ihre Häufigkeit ist ziemlich konstant innerhalb mächtiger Schichten (z. B. Ci 3 bis 4000 *m*). Das Häufigkeitsmaximum der untern Wolken liegt im Sommer zwischen 1600 und 2000 *m*, im Winter zwischen 400 und 1600 *m*.

Zugrichtungen der Wolken in Schweden. Entsprechend den vom permanenten internationalen Komitee zu Upsala im August 1894 festgestellten Instruktionen, sind in Upsala selbst, sowie in Skara, Linköping, Wisby und Lulea in der Zeit vom Mai 1896 bis Ende Dezember 1897 regelmässige Beobachtungen über den Zug der Wolken angestellt worden. Die Ergebnisse derselben hat H. Hildebrandsson veröffentlicht[1]).

Es ergiebt sich, dass die Windrichtung in der Höhe der obern Wolken im Winter mehr nördlich und mehr südlich im Sommer ist. Die Differenz ist am kleinsten in Lappland und auf den baltischen Inseln. Diese jährliche Veränderung findet auch noch statt in der Region der mittlern Wolken, dagegen nicht mehr für die untern Wolken. Was die tägliche Variation anbelangt, so ist in der warmen Jahreszeit die Zugrichtung der Wolken morgens und abends nördlicher, mittags südlicher als im Durchschnitte, nur für die höchsten Wolken (Cirrus und Cirrostratus) ist die südliche Komponente abends am grössten. Die nördliche Komponente ist in der kältesten Zeit am grössten, die südliche in der wärmsten. Ausser an den obigen ist auch noch an einer Anzahl anderer Orte Schwedens der Zug der Cirruswolken teilweise seit Ende 1873 mehrere Jahre hindurch beobachtet worden. Hildebrandsson hat aus diesen Beobachtungen die mittlern Richtungen des Zuges der Cirruswolken für Winter und Sommer berechnet und auf einer Karte dargestellt.

Die Bewölkung in Europa an Cyklonen- und Anticyklonen-Tagen ist von Dr. B. Kassner untersucht worden[2]). Aus Mangel an geeignetem und homogenem Materiale musste sich der Verf. auf die Stationen Bodö, Christiania, Budapest, St. Petersburg-Pawlowsk und Tiflis beschränken, von denen dreimal tägliche, 1871—1890 umfassende Beobachtungen der Wolkenbedeckung in Zehnteln der Himmelsfläche vorliegen. Als Cyklonen- und Anticyklonen-Tage sind diejenigen bezeichnet worden, an welchen der tiefste und höchste

---

[1]) Études internationales des Nuages 1896—1897. Observations et Mesures de la Suède. III. Publ. de l'Observ. météorol. de l'université Roy. d'Upsala.

[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 241 ff.

Barometerstand in einem Monate eintrat, dabei wurde auch der vorhergehende und der folgende Tag berücksichtigt.

Zunächst musste die mittlere Bewölkung für die genannten Orte berechnet werden, und giebt Verf. darüber folgende Tabelle:

Mittlere Bewölkung 1871—1890.

	Bodö			Christiania			Budapest			Pawlowsk			Tiflis			Tagesmittel				
	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	7a	1p	9p	7a	1p	9p	Bodö	Christiania	Budapest	Pawlowsk	Tiflis
Jan.	72	73	68	74	68	64	68	63	59	79	83	78	68	63	53	71	69	63	80	61
Febr.	65	65	59	71	65	60	64	60	52	75	74	65	71	65	56	63	65	59	71	64
März	65	61	59	61	57	50	52	54	46	71	66	60	65	59	50	62	56	51	66	58
April	62	60	64	55	54	49	51	59	43	62	62	56	65	60	54	62	53	51	60	60
Mai	62	59	61	51	56	44	47	56	43	62	67	59	53	54	52	61	50	49	63	53
Juni	60	55	56	48	52	45	39	50	42	51	57	52	48	44	50	57	48	44	53	47
Juli	63	57	60	53	59	51	32	41	35	55	63	56	46	39	40	60	54	36	58	42
Aug.	68	63	67	55	56	49	33	40	28	60	67	55	44	34	38	66	53	34	61	39
Sept.	69	69	70	63	59	50	42	46	31	68	70	56	52	41	42	69	57	40	65	45
Okt.	70	66	67	68	66	59	57	56	45	80	79	73	59	48	44	68	64	53	77	50
Nov.	69	72	67	70	68	62	70	67	61	88	86	82	61	55	45	69	67	66	85	54
Dez.	67	70	63	71	72	64	71	68	63	82	84	78	63	60	51	67	69	67	81	58
Jahr	66	64	63	62	61	54	52	55	46	69	71	64	58	52	48	64	59	51	68	53

Es zeigt sich, wie schon Köppen gefunden, dass im jährlichen Gange das Maximum um so später und das Minimum um so früher eintritt, je maritimer eine Station gelegen ist.

In noch höherem Grade zeigt sich aber der Einfluss des maritimen und kontinentalen Klimas in der Jahresamplitude, die in

Bodö	Christiania	Budapest	Pawlowsk	Tiflis
14	21	33	32	25

beträgt. Pawlowsk, das schon mehr dem Binnenlande angehört, hat die gleiche Amplitude wie Budapest, das intermarine Tiflis die gleiche wie die Fjordstadt Christiania und schliesslich Bodö die kleinste Amplitude von kaum anderthalb Stufen der Skala 0—10.

Wie die Jahresschwankung, so zeigt auch der tägliche Gang den klimatischen Charakter jedes Ortes: je weiter ab vom Meere, um so grösser ist die Tagesschwankung; sie beträgt

	im Maximum		im Minimum		im Jahresmittel
zu Bodö . . .	7%	(Dez.)	1%	(Sept.)	3%
» Christiania .	13	(Sept.)	6	(April)	8
» Budapest . .	16	(April)	6	(März)	9
zu Pawlowsk .	14	(Sept.)	5	(Jan.)	7
» Tiflis . . .	16	(Nov.)	4	(Mai)	10

Der tägliche Gang kann noch andere bemerkenswerte Unterschiede aufweisen. Während Bodö die grösste Bewölkung meist früh, nur im November bis Februar um die Mittagszeit hat, und die geringste Bewölkung stets am unmittelbar folgenden Beobachtungstermine eintritt (im Sommer also mittags ,im Winter abends), ist in Christiania der Himmel abends stets am heitersten, am trübsten mittags im Sommer und morgens im September bis April. Das

mittägliche Maximum im Mai bis August, das offenbar von der schon mehr kontinentalen Kumulusbildung herrührt, wird in dem ganz binnenländischen Budapest schon vom März an und bis in den September hinein beobachtet, wodurch das Morgenmaximum auf die fünf kältern Monate Oktober bis Februar beschränkt ist; das Minimum tritt nur im Juni und Juli früh auf, sonst aber stets abends. Genau das gleiche Verhalten zeigt das Minimum der Bewölkung bei Pawlowsk, und auch das Maximum fällt im ganzen Sommer auf den Mittag, vorher und nachher auf den Morgen und nur im Dezember und Januar wieder auf den Mittag, wie bei dem maritimen Bodö. Tiflis endlich hat meist ein Morgenmaximum und ein Abendminimum.

Die Untersuchung ergiebt nun, dass der tägliche Gang der Bewölkung am Cyklonen-Haupttage nicht so regelmässig, als der normale ist. Die Ursache hierfür liegt hauptsächlich darin, dass die Zentren der Cyklonen denselben Ort nicht zur selben Tageszeit passieren, sondern bald früh, bald mittags, bald abends vorüberziehen.

Die weitere Untersuchung zeigt, dass das Maximum der Bewölkung nur im Sommer und Herbste auf den Haupttag fällt, dass dagegen im Winter und Frühlinge neben dem Morgen des Haupttages auch der Abend des Vortages sich durch eine grosse Himmelsbedeckung auszeichnet. Der Vortag hat im allgemeinen eine etwas geringere Bewölkung als der Haupttag und fast stets eine grössere als der Nachtag. Dieses Resultat entspricht vollkommen der bisherigen Vorstellung über die Verteilung der Wolken in Cyklonen, wie sie in der schematischen Darstellung von Cl. Ley und in dem von der Deutschen Seewarte herausgegebenen »Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean« niedergelegt ist.

Einige Eigentümlichkeiten zeigen sich noch, die zum Teil wohl der nicht genügend langen Beobachtungsreihe von 20 Jahren zuzuschreiben sind, zum weitaus grössern Teile doch aber thatsächlich vorhanden sein dürften, so die sehr starke Abnahme der Bewölkung am Abende des Haupttages in Christiania, d. h. also bald nach dem Vorübergange des Zentrums der Depression. Die Ursache ist jedenfalls darin zu suchen, dass nach diesem Vorübergange der bisher südliche und damit feuchte Meerwind in einen nordwestlichen trockneren Landwind übergeht, welch letzterer noch dazu wegen des im NW gelegenen Gebirgslandes trotz seines cyklonalen Charakters im wesentlichen eine absteigende Tendenz hat und sich dabei von seinem Sättigungspunkte entfernt.

Bei Bodö liegen die Verhältnisse umgekehrt, denn denken wir uns eine Depression auf der für diesen Ort hauptsächlich in Frage kommenden Zugstrasse I, so werden zunächst südöstliche Winde, die gleichfalls von den Bergen föhnartig herabsteigen, wenig Bewölkung erzeugen; sobald aber das Zentrum nahe gekommen ist, wird der Wind mehr und mehr maritimer und damit feuchter, erst ganz

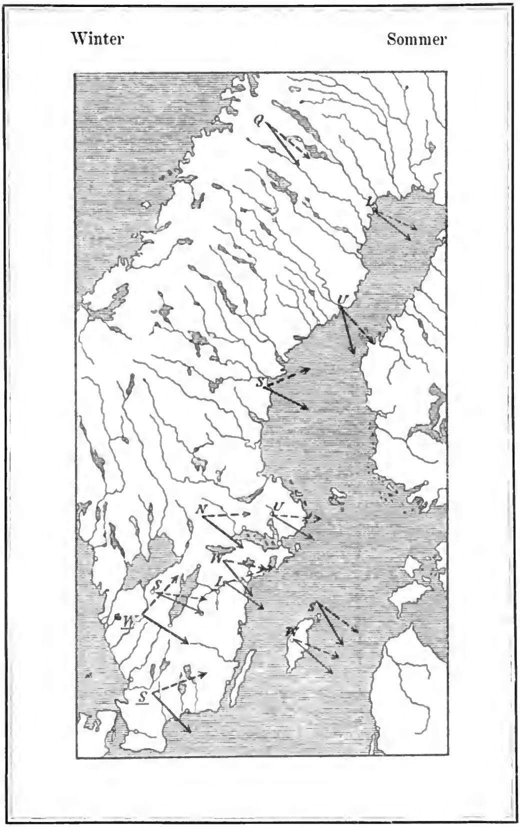
allmählich hört nach dem Vorübergange das Wolkenbrauen auf, wenn der Wind nach N herumgegangen ist und damit aus kalten, feuchtigkeitsärmern Gegenden kommt. Bei Pawlowsk und Tiflis treten die Beziehungen zwischen Depressionen und Bewölkung nicht so klar zu Tage, und zwar wegen des sehr verwickelten Einflusses der hier reichlich vorhandenen Land- und Wassermassen. Ausserdem geschieht die Wanderung der Minima bei diesen Orten wie auch bei Budapest im grossen und ganzen nicht in so ausgesprochenen Bahnen wie bei Bodö und Christiania, es kreuzen sich vielmehr in der Nähe jener Orte mehrere Zugstrassen, wodurch je nach der grössern oder geringern Frequenz derselben so mannigfache Beeinflussungen sich geltend machen, dass sie bei den hier benutzten Mittelwerten in klarer Weise nicht hervortreten können.

Die Abweichung des jährlichen Ganges der Bewölkung an Cyklonen-Tagen vom normalen, zeigt, dass im allgemeinen eine übernormale Bewölkung am Haupttage die Regel ist, nur der August und September bei Tiflis macht eine Ausnahme; ausserdem ist die Bewölkung an den beiden küstennahen Stationen Christiania und Pawlowsk — Bodö kann als Inselstation aufgefasst werden — nicht wie sonst am Haupttage die grössere, sondern am Vortage. Die geringste Bewölkung endlich hat der Nachtag, zumal im Winter; eine sehr auffällige Ausnahme macht Bodö, wo der Nachtag an zweiter Stelle steht, und zwar aus den früher erörterten Gründen, hier ist sogar der Vortag im Herbste etwas unternormal.

Die Jahresamplitude der Bewölkung erreicht den grössten Wert an dem kontinentalen Budapest, den kleinsten an den maritimen Orten Bodö und Christiania und an dem küstennahen Pawlowsk.

Was die Bewölkungsverhältnisse an Anticyklonen-Tagen anbelangt, so zeichnen sich die hochsommerlichen und streng winterlichen Anticyklonen gerade durch eine grosse Heiterkeit des Himmels aus. Im Jahresmittel tritt der Haupttag durch Aufklaren am Abende hervor, und in der That hat der Abendtermin auch in den einzelnen Monaten meist eine geringere Bewölkung, als jeder der andern Termine oder doch bei niedrigem Mittagsmittel ein nur wenig, in der Praxis kaum merkbar höheres Mittel als letzteres. Eine erhebliche Ausnahme macht nur Pawlowsk, wo das Jahresmittel gar keinen Unterschied in den einzelnen Terminen zeigt, wenn auch die Monatstermine bedeutender schwanken, allerdings auch nur innerhalb zweier Stufen. Von den drei westlichen Stationen erreicht die mittlere, Christiania, die grösste Tagesschwankung im Winter, die kleinste im Sommer, während es bei Bodö und Budapest umgekehrt ist. Pawlowsk schliesst sich im grossen ganzen an Christiania an, wogegen Tiflis ein ganz abweichendes Verhalten zeigt, denn zwischen den zwei Monaten mit der grössten Amplitude liegen zwei mit kleiner und kleinster Schwankung.

Die Bewölkung ist an Anticyklonen-Tagen eine unternormale. Die grössten negativen Abweichungen finden wir bei Budapest,



Mittlere Richtungen des Zuges der oberen Wolken in Schweden,
nach den Beobachtungen an 13 Stationen.
Von H. Hildebrandsson.

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch X. 1899.
Tafel 6.

Christiania und Pawlowsk, ausserdem haben diese drei Orte an allen drei Tagen fast ausschliesslich eine unternormale Bewölkung, Bodö und Tiflis zeigen aber ein ganz anderes Verhalten. Bodö klart gleichfalls im Winter und Frühlinge unter anticyklonalem Einflusse so weit auf, dass eine bis zwei Stufen an der normalen Bewölkung fehlen; im Sommer und Herbste dagegen ist diese Abnahme sehr gering und zeitweise überhaupt nicht vorhanden. Tiflis endlich hat nur im Frühlinge an allen drei Tagen negative Abweichungen, desgleichen an den Nachtagen in allen Jahreszeiten, sonst aber ist eine etwas übernormale Bewölkung die Regel. Endlich geht noch hervor, dass die (im Hinblicke auf die normale) geringste Bewölkung der Frühling hat, denn an keinem der fünf Orte findet man an allen drei Tagen positive Abweichung, wogegen die Werte des Herbstes nach der positiven Seite hin verschoben erscheinen: man trifft hier mehrfach übernormale Bewölkung. Auch der Sommer und Winter zeigen erhebliche Gegensätze, namentlich Bodö und Christiania; ersterer Ort hat grosse negative Abweichungen im Winter und kleine negative und selbst positive im Sommer, bei Christiania ist es umgekehrt. Das kontinental gelegene Budapest weist das gleichmässigste Verhalten in allen Jahreszeiten auf, an allen drei Tagen hat es stets negative Abweichungen.

Während an dem Cyklonen-Haupttage die übernormale Bewölkung die Regel ist, ist es die unternormale am Anticyklonen-Haupttage, entgegen der Erwartung, nicht im gleichen Masse. Denn abgesehen von Budapest haben alle andern Orte bisweilen — Tiflis fast ausschliesslich — sogar eine übernormale Bewölkung: Bodö in der warmen Jahreszeit, Pawlowsk im Herbste und Christiania im Winter.

Die Vergleichung der Cyklonen- und Anticyklonen-Tage zu einander ergiebt, dass die grössere Trübung die Regel ist, und zwar vor allem am Haupttage. Die Nebentage verhalten sich aber sehr verschieden, am regelmässigsten noch in Budapest, wo die Differenz stets kleiner ist als am Haupttage, mit alleiniger Ausnahme des Februar, der die grösste Differenz am Vortage hat, und hierin schliesst sich Tiflis an. Sonst aber ist der Unterschied zwischen Haupt- und Nebentagen ein sehr ungleichmässiger. Eine gewisse Ähnlichkeit zeigen Christiania und Pawlowsk insofern, als bei beiden in der wärmern Jahreshälfte die grösste Differenz am Haupttage und die nächstgrosse am Vortage vorherrscht, während es in der übrigen Zeit umgekehrt ist; stets aber hat der Nachtag mit alleiniger Ausnahme bei Pawlowsk im Mai die kleinste Differenz, ja sie verschwindet sogar und kehrt sich bei Christiania in das Gegenteil um, d. h. die Anticyklone ist dann trüber als die Cyklone. Der Grund dürfte wohl darin liegen, dass für diesen Ort der Nachtag einer Cyklone kalte, wasserdampfarme Landwinde, der einer Anticyklone feuchtwarme Seewinde bringt. Bodö und Tiflis haben gemäss ihrer besondern Lage auch einen besondern Verlauf der Differenzen; abgesehen vom Frühlinge überwiegt in Tiflis die Bewölkung bei Anti-

cyklonen, und auch in Bodö ist sie meist bei diesen nicht wesentlich kleiner als bei Cyklonen.

Bildet man zum Vergleiche einer maritimen und einer kontinentalen Station die Differenz Bodö minus Budapest, und zwar getrennt für Cyklonen und Anticyklonen, so ergiebt sich, dass die maritimen Cyklonen fast nur im Sommer eine grössere Bewölkung haben als die kontinentalen, sonst aber haben die letztern eine gleiche oder grössere als jene; der Nachtag ist in Bodö trüber als in Budapest. Bei den Anticyklonen macht nur der Februar insofern eine Ausnahme, als er in Budapest etwas trüber ist als in Bodö, sonst aber hat die norwegische Küste hier eine bis zu $5^1/_2$ Stufen grössere Bewölkung als das mittlere Ungarn.

Fragt man nun zum Schluss, welchen Einfluss die Cyklonen und Anticyklonen auf die normale Bewölkung haben, so muss man sich natürlich des hier zu Grunde liegenden Materiales erinnern, d. h. dass es sich um die Bewölkung an extremen Störungstagen handelt; sie kann sich naturgemäss nicht in eben solchem Masse geltend machen, als wenn wir jeden Tag, an welchem der betreffende Ort einem Hoch- oder Tiefdruckgebiete angehört benutzt hätten und nicht nur die Monatsextreme. Immerhin kann man doch aber die hier sogenannten Cyklonen- und Anticyklonen-Tage als bis zu einem gewissen Grade typisch auch für jene Tage (im allgemeinern Sinne) betrachten.

Im allgemeinen liegt die Kurve der normalen Bewölkung in der Mitte der andern und stimmt meist mit der cyklonalen besser als mit der anticyklonalen überein, d. h. die Bewölkung wird im wesentlichen durch die Cyklonen beeinflusst.

Bewölkung und Sonnenscheindauer. Über den Zusammenhang zwischen Bewölkung und Sonnenscheindauer hat J. Figurowskij auf Grund der Beobachtungen an 23 russischen Stationen eine Untersuchung angestellt. A. Schoenrock giebt[1]) einen Auszug aus dem russischen Original, von dem Folgendes der Hauptinhalt ist:

Der Einfluss der Bewölkung auf die Sonnenscheindauer (gemeint ist immer die relative Dauer) hängt von der Sonnenhöhe und von der Intensität der Sonnenstrahlung ab; je grösser die Sonnenhöhe und je intensiver die Sonnenstrahlung, um so geringer ist der Einfluss der Bewölkung auf die Dauer des Sonnenscheines. Bei niedrigen Bewölkungsstufen hat den grössten Einfluss die Intensität der Sonnenstrahlung, während der Einfluss der Sonnenhöhe nur wenig in Betracht kommt; umgekehrt, bei höhern Bewölkungsstufen macht sich die Abhängigkeit von der Sonnenhöhe besonders stark geltend, und spielt die Intensität der Sonnenstrahlung keine Rolle mehr. Bei mittlern Bewölkungsgraden üben beide Faktoren ihren Einfluss auf die Wirkung der Bewölkung auf die Sonnenscheindauer und in

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 141.

gleichem Sinne. Infolge dessen verändert sich z. B. in Pawlowsk bei mittlerer Bewölkung die relative Sonnenscheindauer vom Frühlinge zum Sommer fast gar nicht, da die Sonnenhöhe und die Intensität der Strahlung sich dabei im entgegengesetzten Sinne ändern.

Der tägliche und jährliche Gang der Sonnenscheindauer steht hauptsächlich unter dem Einflusse der mittlern Zustände der Bewölkung; der tägliche und jährliche Gang der Bewölkung übt nur dann einen merklichen Einfluss auf die Dauer des Sonnenscheines, wenn schroffe Übergänge von einer Stunde zur andern oder von einem Monate zum nächsten vorhanden sind. Die Amplitude des jährlichen Ganges der Sonnenscheindauer wird durch die mittlern Zustände der Bewölkung in den Monaten, auf die das Maximum und das Minimum fallen, bestimmt.

Überhaupt erweist es sich, dass die Abhängigkeit der Sonnenscheindauer von der Bewölkung von vielen Faktoren dermassen beeinflusst wird, dass es z. B. unmöglich ist, nach den Aufzeichnungen der Heliographen mit Sicherheit über die Bewölkung zu urteilen. Besonders interessant sind in dieser Hinsicht die Zusammenstellungen, die der Autor in einer Beilage für heitere und trübe Tage mit der Sonnenscheindauer giebt. Da eine gegebene Sonnenscheindauer nicht immer einer und derselben mittlern Bewölkung entspricht, während letztere für die heitern und trüben Tage überall und das runde Jahr immer gleichmässig angenommen wird, so variiert das Verhältnis der heitern und trüben Tage zu sehr sonnigen, resp. wenig sonnigen Tagen im Laufe des Jahres mehr oder weniger stark, je nach der geographischen Lage des Ortes. Tage mit relativer Sonnenscheindauer von 70—100 % kann man als sehr sonnig ansehen, und die Zahl derselben entspricht am besten, wenigstens in Pawlowsk und Tiflis, der Zahl der heitern Tage. Es erweist sich nun, dass in Pawlowsk auf 100 sonnige Tage im Herbste 101, im Sommer aber nur 55 heitere Tage kommen; in Tiflis entfallen auf 100 sonnige Tage im Herbste 51, im Frühjahre 62 heitere Tage. Diese Abweichung erklärt sich dadurch, dass eine Sonnenscheindauer von 70—100 % nicht nur an heitern Tagen, sondern auch an solchen mit höherer Bewölkung vorkommt. Überhaupt giebt die Zahl der heitern Tage, besonders während der Vegetationsperiode von März bis August, uns keinen Begriff von der Zahl der sonnigen Tage; letztere zeigen eine bessere Übereinstimmung mit Tagen, an denen die Summe der Bewölkung für die drei Termine 0—8 beträgt. Eine etwas bessere Übereinstimmung zeigen trübe Tage mit sonnenscheinarmen Tagen (relative Sonnenscheindauer 0—19 %). Aber auch hier giebt nur die jährliche Summe der erstern einen annähernden Begriff von Tagen mit nur wenig Sonnenschein.

Einfluss des Mondes auf die Bewölkung. Dr. Fines las in der Sitzung der französischen meteorologischen Gesellschaft vom 23. April 1897 eine Abhandlung von Coeurdevache über den Einfluss des Mondes auf die Heiterkeit des Himmels.

Nach einer Übersicht über die Ansichten, welche über diesen Gegenstand von verschiedenen Autoren geäussert worden sind, teilt der Verf. die Ergebnisse seiner Berechnungen mit, welche auf die Beobachtungen zu Parc Saint-Maur von 1884—1894 gegründet sind.

Einfluss des Mondes auf den täglichen Gang der Bewölkung.

Abweichungen der Bewölkung vom Tagesmittel.

Stunde	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	Mittel
1a	— 0 7	— 1.1	— 0.6	— 0.3	— 0.7
4	— 0.4	— 0.1	0 0	— 0.2	— 0 2
5	— 0.2	— 0.2	0.0	— 0 1	— 0.1
6	0.0	— 0.3	— 0.1	— 0.2	— 0.1
7	0.1	— 0.1	0.0	0.2	0.1
8	0.3	0 0	0.1	0.4	0.2
9	0.0	0 2	0.2	0 5	0.2
10	0.2	0.6	0.6	0 4	0.5
11	0.3	0.6	0.7	0.5	0.4
Mittag	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
1p	0.9	0.5	0.8	1.0	0.8
2	1.1	0.6	0.4	0.8	0.7
3p	1.0	0.5	0.2	0.5	0.6
4	0.3	0.7	0.3	0.4	0.4
5	— 0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
7	— 0 1	— 0.2	— 0.4	— 0.3	— 0.2
8	— 0.4	— 0.5	— 0.5	— 0.7	— 0.5
9	— 0.5	— 0.6	— 0.9	— 0.6	— 0.6
10	— 0.6	— 0 8	— 1.0	— 0.8	— 0.8
11	— 0.6	— 0.7	— 0.9	— 1.0	— 0 8
Mittn.	— 0.7	— 0 6	— 0.8	— 0.7	— 0.7
Mittel	5.9	6.3	5.8	6.0	6.0

Der tägliche Gang der Bewölkung ist der gleiche bei allen Mondvierteln, dieselben zeigen keinen Einfluss auf denselben. Auch die mittlere Bewölkung ist bei Neumond und Vollmond die gleiche. Die Meinung, dass der Mond einen merklichen Einfluss auf die Zerstreuung der Wolken habe, ist deshalb irrig.

Im allgemeinen nimmt die Bewölkung abends ab, was auch immer das Alter des Mondes ist, da aber bei Vollmond diese Thatsache viel mehr in die Augen fällt, hat man sie deshalb wesentlich dem Monde selbst zugeschrieben, und ist das Sprichwort entstanden: »La lune mange les nuages«[1]).

17. Luftfeuchtigkeit und Niederschläge.

Untersuchungen über die Periode und Veränderlichkeit der relativen Feuchtigkeit hat E. Mazelle angestellt[2]). Dieselben beruhen auf stündlichen Beobachtungen zu Pola 1886—1895. Die tägliche Periode der relativen Feuchtigkeit ergiebt natürlich einen dem Temperaturuntergang entgegengesetzten Verlauf mit einem

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1898. p. 431.
[2]) Wiener akademischer Anzeiger 1899 p. 49.

Maximum um etwa 5^h vormittags und einem Minimum um ca. 1^h nachmittags. Die Eintrittszeiten für das Maximum schwanken in den einzelnen Monaten um einen grössern Betrag als die der Minima, und zeigen erstere in Bezug auf den Sonnenaufgang während der Wintermonate eine starke Verfrühung, bis gegen $3^1/_2$ Stunden, während in den Sommermonaten das Maximum kurz nach Sonnenaufgang fällt. Die grösste Amplitude wird im Juli mit 23 %, die kleinste im Dezember mit 5 % erreicht. Die aperiodische Amplitude überwiegt die periodische am meisten im Dezember, wo sie etwa 4 mal so gross ist, am wenigsten im Juli, wo sie 1.6 mal so gross ist.

Es wurde ferner in Bezug auf die Bewölkung eine Trennung vorgenommen, indem der tägliche Gang an heitern und an trüben Tagen bestimmt wurde. Es lässt sich hier hervorheben, dass Tage mit heiterem Wetter mit einem grössern Feuchtigkeitsüberschusse schliessen, als die beim trüben Wetter, und zwar zeigen die heitern Tage die kleinste, die trüben hingegen die grösste Zunahme in der warmen Jahreszeit. Das Minimum der Feuchtigkeit fällt an heitern Tagen früher als im allgemeinen Mittel, in der Jahreskurve um 0.6 Stunden, während das Maximum um 0.1 Stunde später eintrifft. An trüben Tagen verspätet sich sowohl das Maximum als das Minimum.

Die Amplitude ist an heitern Tagen stets grösser als im Durchschnitte aller Tage, diese wieder grösser als an trüben. Im Winter ist die Amplitude an heitern Tagen 1.7 mal grösser als an allen Tagen, im Sommer 1.1 mal; in Bezug auf die trüben Tage ist die Amplitude der heitern Tage im Winter etwa 9 mal, im Sommer 3 mal so gross. Die aperiodische Schwankung übertrifft die periodische am meisten im Winter, sowohl an heitern, wie an trüben Tagen; doch zeigt sich dies an trüben Tagen am stärksten ausgeprägt. Die Unterschiede der Feuchtigkeit zu den einzelnen Stunden im allgemeinen Mittel im Vergleiche zu denen an heitern und trüben Tagen erscheinen am grössten um Mittag. Die Ordinaten der Feuchtigkeitsminima der einzelnen Typen differieren um grössere Beträge als die der Maxima.

Zur Bestimmung der Veränderlichkeit wurden die Beobachtungen jeder vierten Stunde der vier Monate Januar, April, Juli und Oktober herangezogen. Es ergab sich daraus, dass die relative Feuchtigkeit die grösste Veränderlichkeit um die Mittagszeit aufweist, dass sich das Eintreffen des Maximums vom Winter auf den Sommer hin verfrüht, und zwar von den ersten Nachmittagsstunden auf die letzten Vormittagsstunden, während die kleinste Veränderlichkeit in den Abend- und Nachtstunden stattfindet. Die tägliche Amplitude ist im Sommer am grössten, im Winter am kleinsten. Die mittlere Veränderlichkeit beträgt 10.32.

Es wurde sodann die Veränderlichkeit nach ihrem Vorzeichen getrennt, ihre Häufigkeit und die mittlere und absolute maximale Zu- und Abnahme bestimmt. Die mittlere Abnahme resultiert im

Durchschnitte etwas grösser als die Zunahme, 11.08 gegen 10.83. Die absolut grösste Veränderlichkeit der Feuchtigkeit von einem Tage zum andern wurde mit + 58 und — 63 bestimmt.

Aus der Berechnung der mittlern Dauer einer Feuchtigkeitszunahme und -abnahme wurde die Länge der Feuchtigkeitswellen mit etwas mehr als drei Tagen bestimmt. Diese Wellenlängen zeigen eine doppelte tägliche Periode mit den Maxima um 10^h morgens und abends und den Minima zwischen 2 und 6^h vor- und nachmittags. Nur im Oktober ist diese Periode nicht ersichtlich, das Maximum wird nachmittags, das Minimum vormittags erreicht. Durchschnittlich überwiegt die Dauer der Zunahme die der Abnahme. Im Mittel fallen 9.35 Wellen per Monat, am meisten im Sommer, entsprechend der kleinern Wellenlänge dieser Jahreszeit. Die grösste mittlere Dauer einer Veränderlichkeit desselben Zeichens beträgt etwa drei Tage, die absolut längste Dauer einer kontinuierlichen Zunahme wurde mit sechs Tagen bestimmt, die der Abnahme mit fünf Tagen.

Die Regenverhältnisse Schlesiens hat G. Hellmann in einer Regenkarte[1]) geographisch dargestellt. Diese Karte beruht auf Beobachtungen von 1888—1897 an 294 Stationen. Als mittlere jährliche Regenhöhe für Schlesien findet sich 680 *mm*. In den trockensten Gegenden im Thale der untern Oder sinkt das Mittel auf 520 *mm*, der grösste Teil der schlesischen Ebene hat 600 bis 700 *mm*, der Rand des Berglandes 700—800 *mm*, das Gebirge selbst über 800 *mm* bis zum Maximum von 1416 *mm* beim Forsthaus Gross-Iser in 885 *m* Seehöhe. Das Maximum des Niederschlages fällt meist auf den Juli, das Minimum in die Monate Januar und Februar.

Die Niederschlagsverhältnisse in Ungarn sind von O. Raum auf Grund 25jähriger Messungen (1871—1895) an 184 Stationen in einer Isohyetenkarte dieses Landes dargestellt worden. Von diesen in ungarischer Sprache erschienenen Arbeit giebt S. Róna folgenden Bericht[2]). »Schon ein flüchtiger Blick zeigt, dass sich im ganzen die Isohyeten der Konfiguration des Bodens anschmiegen. In der Mitte des Landes, wo sich eine gleichmässige Niederung ausdehnt, ist relativ der geringste Niederschlag; von da ausgehend, nimmt der Niederschlag gegen die Grenzgebirge der Karpathen und Alpen mit der Hebung des Terrains allmählich zu.

Die Isohyeten sind nach Raum von 500—1000 *mm* in Intervallen von 100 *mm* gezogen, von 1000—1600 *mm* begrenzen sie Intervalle von je 200 *mm*; die zwei regenreichsten Zonen erstrecken sich von 1600—2000, resp. von 2000—2500 *mm*.

---

[1]) Berlin 1899. Verlag von D. Reimer.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1898. p. 471.

Die räumliche Verteilung der Niederschläge in Ungarn ergiebt, kurz gefasst, folgendes Bild: 1. Die grosse ungarische Tiefebene »Alföld«, die kleine Tiefebene (untere Gebiete der Waag und Neutra), sowie die angrenzenden Komitate am rechtsseitigen Donauufer bilden in der beträchtlichen Ausdehnung von ungefähr 65.000 *qkm* die erste Zone mit einem Regenquantum von 500—600 *mm*. Aus derselben erhebt sich nur die Gegend der Piliser-Gebirge (bei Budapest) wie eine Insel mit einer Regenmenge über 600 *mm*. Regenarme Gebiete (500 — 600 *mm*) finden sich noch in Siebenbürgen bei Csiksomlyó, im Schatten des Hargittagebirges und bei Torda-Gyulafehérvár im Maros-Thale. — 2. Die zweite Zone (600—700 *mm*) bildet in der Angrenzung an die erste einen zusammenhängenden Gürtel, in welchem die Niederungen bereits in ein aufsteigendes Hügelland übergehen. Auch die ganze Hochebene von Siebenbürgen gehört in die Zone von 600—700 *mm*. — 3. Die folgenden Isohyeten umschliessen keine zusammenhängenden grossen Flächen mehr, sondern reihen sich als Bänder von geringerer Breite nebeneinander, vorwiegend dem Laufe der Höhenschichten folgend, oder bilden komplizierte Gestaltungen, den verwickelten orographischen Verhältnissen entsprechend. Ein Regenmaximum ist an der adriatischen Küste wahrnehmbar, wo Fužine die grösste Jahressumme aufweist mit 2400 *mm*; ein anderes Maximum im nordöstlichen Grenzgebirge, den sogenannten bewaldeten Mármaroser Karpathen, welches bei Kvaszovecz mit 1521 *mm* kulminiert. Kleinere Regenmaxima sind im nördlichen Hochlande, in der Gegend des Sohler-Erzgebirges (Uj-Huta), im Biharer Erzgebirge bei Manyásza, im Mecsek-Gebirge bei Fünfkirchen, in Siebenbürgen bei Görgény-Szt.-Imre, nördlich von Siebenbürgen bei Naszód und N.-Bánya.

Im allgemeinen lässt sich der Satz aufstellen, dass in Ungarn mit einem Anwachsen der Regensummen der Flächeninhalt des Gebietes abnimmt, auf welches sie sich erstrecken.

Die Niederschlagsmengen der kroatisch-slavonischen Stationen sind der in Agram 1893 erschienenen Abhandlung: »Oborine u Kraljevinah Hrvatskoj i Slavonji« entnommen.

Die Jahressummen der regenarmen Gegend der mittlern Theissgegend (Kecskemét-Szarvas-Orosháza) sind von zehn Jahren (1885 bis 1895) zusammengestellt. Obwohl sich aus den Jahresmitteln die diesem Gebiete anhaftende Trockenheit nicht ergiebt, so bemerkt man doch, dass sie vielmehr in der exzessiven Abweichung einzelner Jahre begründet ist. Schon bei Szegedin schwankt die Jahressumme zwischen 370 und 700 *mm*. Der Regenmangel des Alfölds kann sich daher nur auf einzelne Jahre beziehen, jedoch giebt es einige Umstände, welche die hier herrschende Dürre allgemein begründen. Verf. meint, dass nicht das geringe Regenquantum entscheidend ist, sondern vielmehr der Umstand, dass der meiste Regen zu Beginn des Sommers fällt (Regenmaximum im Juni), während in den folgenden Monaten, Juli bis September, oft mehrere Pentaden keinen Regen

aufweisen. Hierzu kommt die hohe Temperatur des Alfölds und dessen Bodenbeschaffenheit, welche die Abgabe des Wassers wesentlich beschleunigen.

Die beobachteten grössten, 24stündigen Regenmengen von 1871 bis 1895 enthält eine besondere Zusammenstellung. Aus derselben ist ersichtlich, dass in Ungarn grosse Niederschläge nur äusserst selten vorkommen. Am häufigsten sind sie im Küstengebiete (in Fiume betrug der Regen am 30. September und 10. Oktober 1892 469 *mm*), im Bereiche des Marmaroser Regenmaximums kommen ausserordentliche Regenmengen pro Tag überhaupt nicht vor.

Über die zeitliche Verteilung des Regens auf die einzelnen Monate lassen sich drei Typen aufstellen: 1. Den ersten Typus, dem auch der grösste Teil des Landes angehört, charakterisiert der frühe Sommerregen (schon bei Hann), der im Mai beginnt und im Juni mit Gewitterregen sein Maximum erreicht. Ein sekundäres Maximum fällt auf Oktober, das Minimum auf Februar. Auf Monat Juni entfällt 12—15% der Jahressumme, auf Februar 5—6%.

2. Den zweiten Typus charakterisiert ein überaus entwickeltes Juni-Maximum (17—19% der Jahressumme), der vollständige Mangel des Oktobermaximums und ein Minimum im Januar (3—4%). Auf Mai, Juni und Juli entfällt 45—50% des Gesamtregens. Hierher gehört Siebenbürgen.

3. Den dritten Typus charakterisiert ein Minimum im Juli und ein Maximum im Oktober. Derselbe zeigt sich in dem Küstengebiete der Adria (Fiume), ist noch in der Gegend der Drau und Sau (Agram, Csáktornya—Pécs—Keszthely) kenntlich, schwächt sich aber allmählich ab und geht in den ersten Typus über.«

Die Verteilung des Regens in den Vereinigten Staaten ist von Alfred J. Henry untersucht und kartographisch dargestellt worden[1]). Die Darstellung gründet sich auf alle zugänglichen Beobachtungen zwischen 1870—1896, doch liegen für ein Drittel des Gebietes nur kürzere als 20jährige Beobachtungen vor. G. Lachmann giebt[2]) eine eingehende Analyse dieser Arbeit, aus der folgendes bezüglich der allgemeinen Verteilung der Niederschläge hervorgehoben ist:

Die grössten Niederschlagsmengen in den Vereinigten Staaten hat die Nordwestküste aufzuweisen, und zwar fallen hier in einem schmalen Streifen, der sich von Kap Flattery im N bis zur mittlern Küste von Oregon im S und landeinwärts bis zu der längs der Küste sich hinziehenden Gebirgskette (Coast Range) erstreckt, im jährlichen Durchschnitte Mengen von 2000 bis über 2500 *mm*. Der höchste Betrag ist in dem gegenüber der Insel Vancouver an der

---

[1]) A. J. Henry, Rainfall of the United States with annual, seasonal and other charts. (U. S. Department of Agriculture, Weather Bureau, Bulletin D.) Washington.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 233.

Fucastrasse gelegenen Neah Bay mit 2800 *mm* im Mittel festgestellt worden, während die absolut grösste bislang hier gemessene Jahresmenge 3455 *mm* beträgt. — Nach O und S hin erfolgt ein starker Rückgang der Regenmengen bis zu den tiefer gelegenen Gebieten und Thälern, welche zwischen der Coast Range im W und der Sierra Nevada und dem Cascadengebirge im O sich erstrecken. Ganz besonders auffällig und noch nicht aufgeklärt ist die rapide Abnahme der Niederschläge an der Südküste der Fucastrasse in der Richtung von W nach O, wo auf eine Entfernung von etwa 140 *km* die jährliche Niederschlagshöhe von 2800 *mm* in Neah Bay bis auf 560 *mm* in Fort Townsend heruntergeht. Ferner zeigen auch die Thäler des Sacramento und Joaquin mit einem Durchschnittswerte von 500, bezw. 250 *mm* eine teilweise sehr erhebliche Abnahme gegen die umliegenden höher gelegenen Gebiete. Es mag hier eingeschaltet sein, dass Verf. die überraschende Behauptung aufstellt, dass die Regenwinde an der pazifischen Küste im allgemeinen aus südlicher bis östlicher Richtung wehen, also Landwinde sind, während die westlichen, das sind von der See her kommende Winde, trockene Winde sind. — Nach einem abermaligen schnellen Ansteigen der Niederschläge bis zu den höchsten Erhebungen der Sierra Nevada und des Cascadengebirges erfolgt mit dem Abfalle dieser Gebirgszüge nach O wiederum eine beträchtliche Abnahme bis zu den drei grossen Hochplateaus, die im O von den Rocky Mountains begrenzt werden. Hier schwankt, wenn man von einigen kleinern Gebieten absieht, der Durchschnittswert zwischen 125 und 375 *mm*, und zwar hat der nördliche Teil dieser Plateauregion die grössern Niederschläge (vereinzelt sind hier Mengen bis zu 500 *mm* zu verzeichnen), während im südlichen die kleinsten in den Vereinigten Staaten überhaupt vorkommenden Mengen auftreten. Nevada, der westliche Teil von Utah, Südost-Californien, Südwest-Arizona, ferner das Colorado-Plateau und der ganze Oberlauf des Colorado haben mittlere Regenhöhen unter 250 *mm*. Die regenärmsten Gebiete sind die im SW vom grossen Salzsee gelegene Wüstengegend in Utah, wo in Terrace der Durchschnittswert des Niederschlages 110 *mm* beträgt, sowie vor allem die californische und die Gila-Wüste, die auch durch ihre excessiv hohen Temperaturen bekannt sind; im Jahresmittel fällt hier nur noch ein Niederschlag von 70 *mm*, und als absolut kleinste Jahresmenge ist in Indio (Cal.) bisher der Betrag von $2^1/_2$ *mm* beobachtet worden. Die westliche Abdachung der Rocky Mountains weist bemerkenswerter Weise nur eine sehr geringe Zunahme an Niederschlägen auf; eine Ausnahme hiervon bildet nur das mittlere und nördliche Idaho, wo die Regenhöhe bis auf 750 *mm* ansteigt. Über die Regenverhältnisse dieses Kettengebirges ist aus Mangel an Beobachtungsstationen noch wenig bekannt, man wird jedoch nicht fehlgehen, wenn man für dasselbe eine erhebliche Zunahme an Niederschlägen annimmt; der im mittlern Teile und in der östlichsten Kette gelegene Gipfel des Pikes Peak (4308 *m*) hat eine Durch-

schnittsmenge von 750 *mm*, und zwei andere Stationen im westlichen Colorado in etwa 3500 *m* Seehöhe ergeben Mengen von 800—880 *mm*.

Im Gebiete der grossen Ebenen, die sich ostwärts der Rocky Mountains erstrecken, stellt sich der jährliche Niederschlag auf 250—500 *mm*, und zwar nimmt derselbe vom Fusse dieses Gebirgssystemes, wo er zwischen 300—400 *mm* betragen dürfte, zunächst ab, um dann weiter ostwärts allmählich bis auf 500 *mm* anzusteigen. Dieser Wert wird im grössern Teile des Gebietes unter 100° westl. L. erreicht, nur von 43° nördl. Br. an verläuft die Isohyete von 500 *mm* nicht mehr in nördlicher Richtung wie mit geringen Abweichungen vorher, sondern sie biegt von da an entschieden nach NO um. Weiter nach O hin wachsen nun die Niederschläge stetig an, und zwar im nördlichen Teile des Gebietes in einem sehr viel geringern Masse als im südlichen, wo mit Ausnahme des NW die grössten Niederschlagsmengen überhaupt vorkommen. Dieses verschiedene Anwachsen ist am besten dadurch charakterisiert, dass von St. Paul am obern Mississippi bis East-Port an der äussersten Nordostküste die Regenmengen um 300 *mm*, auf der fast ebenso langen Strecke von St. Paul bis New Orleans hingegen um mehr als 800 *mm* zunehmen.

Zunächst folgt ein nicht zu breiter Streifen mit einem Durchschnittswerte von 500—750 *mm*, der von der westlichen Golfküste aus erst in nördlicher, dann, allmählich breiter werdend, in nordöstlicher Richtung verläuft und schliesslich den Obern See mit Ausnahme von dessen Südufer umfasst. — Regenmengen zwischen 750—1000 *mm* fallen in einem umfangreichen Gebiete zwischen der kanadischen Grenze und 40° nördl. Br. und — mit Ausschluss eines Streifens an der atlantischen Küste — westwärts bis zu 92° westl. L. mit einem Ausläufer, der sich zunächst in südwestlicher, dann südlicher Richtung bei abnehmender Breite bis zum Golfe herunterzieht. Das Seengebiet hat einen jährlichen Niederschlag von 750—900 *mm*, wobei sich gezeigt hat, dass die Ost- und Südküsten der Seen etwas regenreicher sind als die Nord- und Westküsten. — Der nördliche Teil der atlantischen Küste bis 37° nördl. Br., das breite Ohiothal und daran anschliessend ein schmaler Streifen, der sich halbkreisförmig bis zum Golf von Mexiko (Galveston) hinzieht, sowie ferner eine breite Zunge, die sich zwischen dem regenreichern südatlantischem Küstengebiete und den Alleghanies mit einer Ausbuchtung nach W hin erstreckt, ergeben ein Jahresmittel von 1000 bis 1250 *mm*. — In dem eben erwähnten Striche an der südatlantischen Küste, in fast ganz Florida, in einem breiten Streifen am Unterlaufe des Mississippi bis über 35° nördl. Br. hinaus, sowie in einem nördlich und südlich dieses Breitengrades bis nach dem westlichen Carolina sich ausdehnenden Gürtel, der nach NO in eine, den grössten Teil der Alleghanies umfassende Zunge ausläuft, kommen Mengen von 1250—1500 *mm* vor. — Noch reichlichere Niederschläge — mehr als 1525 *mm* — fallen an den Südostabhängen

der Alleghanies in Nordcarolina, am Kap Hatteras (1680 *mm*), in einem schmalen Streifen an der Südostküste von Florida, sowie längs der Golfküste an der Mississippi-Mündung und ostwärts davon bis über Mobile hinaus; in dem südöstlich von letzterem Orte gelegenen Fort Barrancas beläuft sich die mittlere Jahresmenge auf 1790 *mm*, welcher Betrag das Maximum des Niederschlages im ganzen Osten der Vereinigten Staaten darstellen dürfte. — Bemerkt sei noch, dass im Gegensatze zu den Alleghanies das Gebirgssystem der Neu-England-Staaten nur einen geringen Einfluss auf die Menge des Niederschlages ausübt. Für den Gipfel des Mt. Washington (1917 *m*) ergiebt sich ein Jahresmittel von 2120 *mm*, während allein in den vier Monaten Juni bis September schon 1010 *mm* Regen fallen, d. h. 48 % der Jahresmenge; für die nächste Basisstation Lunenburg, Vt. (259 *m*) stellen sich diese Werte auf 1005 *mm* im Jahre und 370 *mm* (37 %) im Juni bis September.

Bezüglich aussergewöhnlich starker Niederschläge ist zu erwähnen, dass die weitaus stärksten Regenfälle in kurzer Zeit in den Gebirgs- und Wüstengegenden des Westens (zwischen den Sierras und den Rocky Mountains) vorkommen. Leider ist es bisher nicht gelungen, den Gesamtniederschlag solcher Wolkenbrüche genau festzustellen, sei es, dass in dem eigentlichen Maximalgebiete keine Beobachtungsstation vorhanden war, oder das Instrument im weitern Verlaufe des Unwetters von den Wassermassen hinweggeführt wurde. Doch geben die Werte von 224 und sogar von 292 *mm*, die in einer Stunde in Palmetto, Nev., August 1890, bezw. in Campo, Cal., August 1891, ermittelt worden sind, einen Anhalt, welche gewaltige Mengen in verhältnismässig kurzer Zeit bei diesen Wolkenbrüchen niedergehen. Die überwiegende Mehrzahl der starken Regenfälle, von allerdings geringerer Intensität als die eben besprochenen, treten östlich des 105° W. auf, und zwar am zahlreichsten an der Golf- und südatlantischen Küste meist in Begleitung von Gewittern oder gelegentlich auch im Gefolge von westindischen Hurricanes.

Ungeheure Regenmengen am Fusse des Kamerun-Pik [1]. Dieselben werden nur von dem Regenfalle in den Khassia-Bergen in Indien übertroffen. Zu Debundja (4° 8′ nördl. Br., 9° 0′ östl L.) betrug der mittlere Regenfall 1895—1897 in Millimetern:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
258	283	356	399	830	1524	1308	1018*	1562	1058	593	217*	9406

In Bibundi betrug die Regenhöhe 1897 nicht weniger als 10485.5 *mm*. Der Ort liegt 1 *km* vom Meere auf einer etwa 4 *m* den Meeresspiegel überragenden Ebene, von wo aus ostwärts das Terrain terrassenförmig zum grossen Kamerunberge ansteigt.

[1] Mitt. aus den Deutschen Schutzgebieten **11**, Heft 3.

Wolkenbruchartige Regen in der Sahara. Es ist eine bekannte Thatsache, dass in einzelnen Teilen der Sahara gelegentlich sehr ergiebige Regenfälle stattfinden. Der beträchtlichste, von dem man weiss, ereignete sich am 12. April 1899 in Wadi Urirlu. Dasselbe, zwischen Berrian und Ghardaya gelegen und zum Systeme des Wadi Mia gehörig, ist völlig flach, so flach, dass die Ausräumungsmassen aus dem vor einiger Zeit hier gegrabenen Brunnen die einzige Erhebung bilden. Nach dem Berichte des Generals Pédoya, des Kommandanten der Algier-Division[1]), war eine Militärabteilung von 90 Mann am 12. April hier angekommen, um zu übernachten. Das Wetter war prachtvoll, nur fiel gegen $5^1/_2$ Uhr nachmittags ein feiner Regen, der aber nur einige Augenblicke dauerte. Um $8^1/_2$ Uhr, als man sich schon zur Ruhe begeben hatte, erscholl plötzlich der Ruf: »Zu den Waffen, das Wasser kommt!« Binnen wenigen Sekunden war eine Fläche von 800 *m* im Durchmesser mannshoch unter Wasser gesetzt; es muss also im Quellgebiete des Wadi ein furchtbarer, aber örtlich beschränkter Wolkenbruch niedergegangen sein. Die Mannschaft hatte kaum Zeit, sich auf den Schutthügel zu retten; sechs ertranken, und ihre Leichname wurden am andern Morgen mehrere Kilometer unterhalb des Lagers gefunden.

Auf die Vegetation der Wüste haben nur gewaltige Entladungen Einfluss. Im Fort Mac-Mahon beobachtete man vom 1. April 1895 bis Ende März 1896 zweimal Regengüsse, jedesmal in der Dauer von ungefähr $^3/_4$ Stunden, aber der Pflanzenwuchs wurde dadurch kaum merklich gefördert. Dieselben Erfahrungen machte auch die Expedition Foureau-Lamy im östlichen Tuareg-Land: überall Mangel an Futter trotz gelegentlichen Regens; erst in Tadent (23° Br.), wo sie Mitte Januar d. J. ankam, zeigten das Grün der Vegetation und die Spuren frischer Wasserläufe, die Akazienstämme angeschwemmt hatten, dass heftige Niederschläge vorangegangen waren[2]).

Grösste Regenmengen innerhalb 24 Stunden[3]). Symons hat die praktisch wichtige Frage: Welchen Prozentsatz des jährlichen Regenfalles kann man an dem regenreichsten Tage jedes Jahres erwarten? zu beantworten gesucht[4]). Er ersuchte seine Korrespondenten mit langjährigen Regenaufzeichnungen um Angabe der grössten täglichen Regenmenge in jedem Jahre, erhielt aber nur von zweien eine entsprechende Antwort. Auf Grund derselben und auf Grund seiner eigenen Regenmessungen zu Camden Square London und der Seathwaite Register des Regenfalles giebt Symons eine Tabelle, welcher wir im Auszuge die folgenden Daten entnehmen:

---

[1]) Bull. du Comité de l'Afrique Française, Juni 1899. p. 185.
[2]) Petermann's Mitt. 1899. p. 174.
[3]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 26.
[4]) British Rainfall 1895. p. 40.

Ort	Camden Square London	Acrise Kent	Pedmore Worcester	Seathwaite Cumberland
Häufigkeit der grössten Tagesmengen von (21 Jahre)				
< 1" = 25 *mm*	1	0	7	0
1—1½" = 25—28 *mm*	15	11	9	0
1½—2" = 28—51 *mm*	4	7	3	0
2—2½" = 51—64 *mm*	0	2	2	0
über 2½" = 64 *mm*	1	1	0	21
Mittlere grösste Tagesmenge *mm*	37.3	39.6	31.8	116.6
Mittlere Jahressumme *mm*	635	940	737	3430
Häufigkeit gewisser Prozente der Jahresmenge				
2 %	0	0	1	4
3	1	5	6	11
4	3	11	7	4
5	6	2	3	2
6	7	2	2	0
7	3	1	1	0
8	0	0	1	0
über 8	1	0	0	0
Mittlerer Prozentsatz der grössten Tagessumme[1])	5.8	4.2	4.3	3.2

Es hat also London mit der kleinsten mittlern Jahressumme den grössten Prozentsatz in Bezug auf das Maximum der täglichen Regenmenge im Jahre, Seathwaite den kleinsten.

Im Jahre 1878 fielen zu Camden Square 83.3 *mm* an einem Tage, d. i. 13 % der Jahressumme (das Mittel wird aber, auch wenn man diesen exzeptionellen Fall vergleicht und dafür die 5 % vom Jahre 1895 einsetzt, wenig verändert, es wird 5.4 %), das würde für Seathwaite im gleichen Verhältnisse zur Jahresmenge einen grössten Regenfall pro Tag von 446 *mm* geben, was weit über das beobachtete Maximum hinausgeht. Die absoluten Maxima der andern drei Stationen waren 1875—1895 inkl.: Acrise 67.6 oder 7 %, Pedmore 61.7 oder 8 % und Seathwaite 172.4 oder 5 %.

Der Eisregenfall vom 20. Oktober 1898 über Mittel- und Ostdeutschland bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. Meinardus[2]).

»In den Morgen- und Vormittagsstunden des 20. Oktober fiel in Berlin bei schwacher östlicher Luftbewegung und einer konstanten Temperatur von 0.0° ein mässiger Niederschlag in Form von Regen, der bei der Berührung mit der Erdoberfläche zu Eis erstarrte und daher die obern Flächen aller Gegenstände im Freien mit einer glasklaren, gleichmässigen Eisschicht bedeckte. Jeder Baum und Strauch trug einen Eisbehang, unter dessen Last sich die Äste tief herabsenkten oder von ihren Stämmen abbrachen, wenn sie das mit der Dauer des Regenfalles zunehmende Eisgewicht nicht mehr zu tragen vermochten. Die Belastung war um so beträchtlicher, weil Bäume und Sträucher noch vollkommen belaubt waren. Dr. Süring nahm in Potsdam einige Messungen vor, welche von der Stärke der Eisbildung eine Vorstellung geben können. Ein Eichenzweig mit Blättern wog 54 *g* mit und 14.5 *g* ohne Eis, ein Weigelia-Zweig mit Blättern 65, bezw. 8.0 *g*, ein Grashalm trug an Eis das Achthundertfache seines Eigengewichtes.

1) 1875—1894.

2) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 165 ff.

Die Eisschicht war nicht fest mit dem Gegenstande, den sie bedeckte, verbunden; man konnte sie ohne Schwierigkeit z. B. von den Blättern abnehmen. Auf der untern Seite eines solchen Eisblattes bemerkte man dann einen negativen Abdruck der Blattoberfläche bis in die zartesten Details; diese Eisfläche und das Blatt selbst waren vollkommen trocken. Schlug man in das Laubwerk eines Baumes, so fiel der Eisbehang von den getroffenen Stellen mit Klirren ab. Ausser flüssigen Regentropfen bestand der Niederschlag auch zeitweise aus Eiskörnern, erstarrten glasklaren Regentropfen.

Es unterlag keinem Zweifel, dass die beschriebene Art der Eisbildung nicht durch eine unter dem Gefrierpunkte liegende Temperatur der Gegenstände hervorgerufen sein konnte, denn 1. war keine Frostperiode vorausgegangen, welche den Körpern eine so niedrige Temperatur hätte geben können, 2. fehlte die feste Verbindung zwischen den Körpern und ihrer Eisdecke, und 3. bedeckten sich auch Kleidung und Schirm, sobald man ins Freie trat, während des Regens mit einer Eisschicht.

Die Ursache der fraglichen Erscheinung konnte also nur in dem Zustande der Regentropfen selbst liegen, und es bedarf keines weitern Nachweises, dass dieselben überkaltet waren.«

Die Untersuchung dieses seltenen Phänomens und der Ursachen seines Auftretens begann Meinardus mit der Feststellung seiner räumlichen Grenzen und seines zeitlichen Verlaufes.

Die Verbreitung des Eisregenfalles zur Zeit der Morgenbeobachtung am 20. Oktober 7^h vormittags wird auf einer beigegebenen Karte durch Schraffen bezeichnet, die indes nicht überall die natürlichen Grenzen der Erscheinung erkennen lassen, weil nur das dem Kgl. Preussischen Meteorologischen Institut unterstellte Beobachtungsnetz vom Verf. berücksichtigt werden konnte. Ferner ist zu bemerken, dass nicht nur diejenigen Stationen als dem Eisregengebiete zugehörig betrachtet wurden, die Glatteis, Eiskörner oder Eisregen, sondern auch die, welche Eisnadeln, Hagel, Graupeln oder Rauhfrost notierten. Denn bei dem Entwurfe der Karte wurde es klar, dass manche Beobachter, um ein symbolisches Zeichen für das Phänomen zu vermerken, in Ermangelung eines solchen für Eisregen und Eiskörner. ihre Zuflucht zu einem für die in zweiter Linie genannten Erscheinungen genommen hatten.

Die nördliche Grenze des Eisregengebietes verlief hiernach am Morgen des 20. Oktobers 7^h vormittags nahezu parallel und etwas binnenwärts der deutschen Ostseeküste von Tilsit bis über Schwerin hinaus. »Die Westgrenze zieht von dort südwärts bis zur Rhön. Wie weit sich der Eisregenfall nach S erstreckt, bleibt zweifelhaft; wahrscheinlich wird der Thüringer Wald im W und der nördliche Scheitel des Karpathenbogens im O die Lage der Südgrenze bezeichnen, da die Temperatur südlich davon erheblich über 0° lag. Der Mangel russischen Beobachtungsmaterials verbietet eine Bestimmung der Ostgrenze, die vermutlich noch jenseits von Warschau zu suchen wäre.

Die grösste Intensität scheint der Eisregen in der Umgebung der schlesischen Gebirge gehabt zu haben, wenigstens liegen aus diesen Teilen der Monarchie die zahlreichsten Meldungen über Waldschäden durch Eisbruch vor. In den nördlichern Gebietsteilen erfolgte der Niederschlag mehr in Form von Eiskörnern und Schnee, welche die Waldbestände nicht gefährden konnten. Im westlichen Teile Deutschlands herrschte am Morgen des 20. Oktober schwacher Nebel und stellenweise leichter Regenfall. Die 0°-Isotherme verlief um die gleiche Zeit, wie auf der Karte angegeben. Das von ihr nach O begrenzte Gebiet war, so weit es in das Kartenbild fällt, etwas kälter, das übrige etwas wärmer als 0°. Die Grenzen des Eisregengebietes erscheinen gegen das Kältegebiet um 100—200 *km* nach SW verschoben.

Die zeitliche Verteilung des Eisregenfalles wird kurz durch ein Fortschreiten der Erscheinung von S nach N charakterisiert. Schon am Nach-

mittage des 19. Oktobers begann die Eisbildung in Oberschlesien und den benachbarten Gebirgen, in der Nacht und am Morgen des 20. wurden auch die mittlern Provinzen davon betroffen, und von den Vormittagsstunden des 20. endlich liegen Berichte von Graupelfällen an der deutschen Ostseeküste vor. Es bleibt dahingestellt, ob auch hier unter Graupelfall das Auftreten von Eiskörnern zu verstehen ist.«

»Geht man davon aus, dass eine Kondensation des Wasserdampfes in der Luft zu flüssigen Wassertröpfchen bei einer Temperatur über 0° stattgefunden hat, so fragt es sich, auf welche Weise diese Tröpfchen unter 0° abgekühlt werden können, ohne zu gefrieren. 1. Wenn sie als Wolken oder Nebel in der Luft sich schwebend erhalten, so kann eine Überkaltung erfolgen, wenn dieselbe entweder durch Luftströmungen in eine niedriger temperierte Umgebung getragen werden oder auch an Ort und Stelle durch Ausstrahlung erkalten. In diesen Fällen geben sie in der That häufig auf Bergen und an ruhigen, kalten Wintertagen auch in der Ebene zu Rauhreiferscheinungen Veranlassung, indem die Berührung der überkalteten Tröpfchen mit festen Körpern bekanntlich deren Gefrieren zur Folge hat. 2. Wenn die Wassertröpfchen sich zu grössern Regentropfen zusammenballen — was nur der Fall sein kann, wenn sie noch nicht unterkaltet waren, denn sonst würden sie durch das Zusammentreffen zu Eiskörnern gefrieren — so kann, sobald der Regenfall begonnen hat, eine Überkaltung der Tropfen nur eintreten, wenn sie aus der obern, über 0° warmen Luftschicht, in der sie gebildet wurden, durch eine untere kältere Schicht hindurch fallen. Reicht diese Schicht bis zum Boden, so tritt hier Glatteisbildung ein. Ist die untere Schicht stark bewegt, so werden schon viele Regentropfen in der Luft beim Zusammentreffen mit andern gefrieren und als Eiskörner die Erdoberfläche erreichen. Günstiger für das Auftreten von Eisregen ist daher ruhige oder nur schwach bewegte Luft. Ein Gefrieren der überkalteten Regentropfen wird natürlich auch dann schon in der Luft stattfinden, wenn deren Temperatur unter dem Betrage liegt, bei welchem noch Überkaltung möglich ist.

Die Hauptbedingungen eines Eisregenfalles werden also sein 1. eine obere, über 0° temperierte, feuchte Luftschicht, in welcher Kondensation und Regenbildung stattfindet, 2. eine untere, zwischen 0° und höchstens — 20° C. temperierte, nicht zu stark bewegte Luftschicht. Für Eiskörnerfall fehlt die Einschränkung der untern Temperaturgrenze und der Bewegung in der untern Luftschicht. Gleichzeitiger Schneefall in irgend einer Schicht vermindert ebenso den Bestand überkalteter Regentropfen zu Gunsten der Eiskörner. Letztere werden deshalb auch viel öfter beobachtet als jene.«

Dr. Meinardus untersucht nun die Wetterlage am 20. Oktober und giebt eine Luftdruckkarte mit zwei Isobarsystemen. »Das eine stellt die Luftdruckverteilung im Meeresniveau dar, wozu die Wetterkarten mehrerer Zentralstellen herangezogen wurden. Die andern Linien bezeichnen die Isobaren im Niveau von 2500 *m*. Ihre Lage wurde durch eine von Köppen's Methode festgestellt.

Im Meeresniveau wird die Wetterlage in Zentraleuropa durch einen breiten Luftdruckrücken (von über 775 *mm*) beherrscht, welcher sich vom bottnischen Meerbusen südostwärts zum Unterlaufe des Don erstreckt. Ein steiler, nach SW gerichteter Gradient findet sich über einem Gebietsstreifen, welcher durch eine Linie von Stockholm nach Kiew einerseits und durch eine von Helgoland nach Odessa anderseits begrenzt wird. Ein flaches Depressionsgebiet südlich der Alpen und über Südwestungarn mit einem Kerne vor der ligurischen Küste ist von einer westlich von den britischen Inseln gelegenen Depression durch einen flachen Keil hohen Druckes, der von Spanien gegen Frankreich vorgeschoben ist, getrennt.

Über der südlichen Ostsee und Nordostdeutschland wehen starke bis stürmische O-Winde, die, aus einem westrussischen Kältezentrum kommend,

westwärts eine so abnorme Abkühlung bewirken, wie sie um diese Zeit des Jahres an manchen Orten in den letzten 50 Jahren noch nicht beobachtet wurde. Ungarn und Südösterreich haben dagegen gleichzeitig eine sehr hohe Temperatur; sie werden von einem warmen Luftstrome berührt, der dem südlichen Depressionsgebiete angehört. In Hermannstadt wurde 18.0°, in Pest 13 7°, in Krakau dagegen nur 2.8° beobachtet. Die Isothermen sind dementsprechend im SO dicht gedrängt.

In der Höhe von 2500 *m* beherrschen ein Hochdruckgebiet im NO über dem Finnischen Meerbusen und ein zweites, durch einen flachen Sattel davon getrenntes, über dem Schwarzen Meere in Verbindung mit einem tiefen Minimum über Mitteldeutschland die Wetterlage im östlichen Mitteleuropa. Abweichend von dem Verhalten im untern Niveau ist die obere Luftbewegung daher über Deutschland wesentlich zyklonal und dementsprechend mit einer aufsteigenden Komponente und der Tendenz zur Niederschlagsbildung ausgestattet. Die Hauptluftzufuhr zur Depression erfolgt im östlichen und nördlichen Quadranten der Depression, wo die Gradienten am steilsten sind. Die Luft kommt vorwiegend aus südlichen, mittelländischen Breiten und ist daher warm und feucht.

Vergleicht man die Lage des Eisregengebietes mit der Witterungslage im untern und obern Niveau, so wird der Zusammenhang zwischen ihnen leicht klar, wenn man sich dabei die Bedingungen eines Eisregenfalles vergegenwärtigt. Das innere Gebiet und der nordöstliche, östliche und südöstliche Teil der obern Depression sind naturgemäss am niederschlagsreichsten. Der in diesem Gebiete gebildete Regen wird aber bei seinem Falle zur Erdoberfläche nur dort überkaltet, wo er durch eine unter 0° temperierte Luftschicht hindurchfällt, also in dem von der 0°-Isotherme begrenzten Raum und noch etwas darüber hinaus. Die nördliche Grenze des Eisregengebietes ist in unserem Falle zugleich Grenze des Niederschlagsgebietes überhaupt, die südliche und westliche Grenze bezeichnet dagegen die Grenze der untern kalten Luftschicht. Jenseits davon fällt nicht überkalteter Regen.«

Untersuchungen über die Regenverteilung in ihrer Beziehung zu den Aktionszentren der Atmosphäre hat H. Hildebrandsson angestellt[1]). Für diese Art Untersuchungen erscheint der Monat als zu kurzer Zeitraum, wenn man dagegen die Jahreszeiten in Betracht zieht oder Halbjahre (Oktober bis März und April bis September), so begegnet man einer überraschenden Regelmässigkeit. Hildebrandsson hat deshalb halbjährliche Mittelwerte für die Regenverhältnisse seinen Untersuchungen zu Grunde gelegt. Dabei stellte sich heraus, dass das Winterhalbjahr (Oktober bis März) zum vergleichenden Studium bequemer ist als das andere, denn auf grossen Räumen, besonders der subtropischen Gegenden der nördlichen Erdhälfte, fällt in der wärmern Jahreszeit oft mehrere Monate hindurch kein Regen.

Ehe Hildebrandsson an die Untersuchung der gleichzeitigen Verteilung der Regen auf den einzelnen Gebieten geht, erinnert er daran, dass es bezüglich ihrer Entstehungsweise drei Arten von Regen giebt, nämlich Niederschläge durch Konvektion, zyklonische und orographische. Die letztern werden durch die Formation des Bodens bedingt und sind deshalb lokale Erscheinungen.

---

[1]) Kgl. Svenska Vetenskaps-Akad. Handlingar 32. No. 4. Stockholm 1899.

Bei den Untersuchungen, um die es sich hier handelt, müssen auch Regionen wie das nördliche Schweden, wo ein vorwiegend orographischer Einfluss auf den Regenfall zu fürchten ist, ausgeschlossen werden. Dieser Einfluss tritt am bedeutendsten hervor, wenn eine Bergkette senkrecht zur Richtung der vorherrschenden Winde verläuft; ist dagegen deren Richtung parallel der letztern, so ist der Einfluss bedeutend geringer und oft unmerklich. So sind z. B. die Kurven der Regenverteilung für Bregenz (nördlich von den Alpen) und für Riva (südlich von den Alpen) ziemlich ähnlich verlaufend, obgleich beide Punkte sehr verschiedenen Klimagebieten angehören, denn die Richtung des Alpenverlaufes ist im grossen und ganzen ziemlich parallel zur Richtung der vorherrschenden Westwinde.

Bei der Notwendigkeit, längere Perioden als solche von Monatsdauer in Betracht zu ziehen, tritt der Mangel an ausreichenden Beobachtungen sehr merklich hervor. Weder für Alaska, noch für Kap Horn liegen genügende Beobachtungen vor, so dass in erster Linie nur die drei Aktionszentren um Europa herum, nämlich das Meer bei Island, die Azoren und Sibirien in Betracht genommen werden können. Es handelt sich hierbei um die Monate Oktober bis März. Für das Isländische Zentrum sind die beobachteten Regenhöhen zu Thorshavn, Berufjord und Tromsö, für das Azorenzentrum diejenigen zu Ponta Delgada, San Fernando und Madrid in Betracht gezogen. Betrachtet man die hiernach gezogenen Kurven der Regenverteilung in den Monaten Oktober bis März während der Jahre 1875—1890, so findet man, dass für die beiden Gruppen (Island und Azoren) die Schwankungen in der Menge der gefallenen Niederschläge sich während der kalten Jahreszeit in den obigen Jahren (mit Ausnahme von 1880) fast immer umgekehrt verhalten haben: einem Überschusse an Niederschlägen bei Island entspricht in den betreffenden Monaten ein Minus bei den Azoren und umgekehrt. Wir sehen also hier den gleichen Gegensatz, wie bei dem monatlichen Verlaufe des Luftdruckes in beiden Regionen. Ebenso deutlich, ja in gewisser Beziehung noch deutlicher, zeigt sich ein Gegensatz zwischen Westsibirien (Barnaul und Jeniseisk) und Ostindien. Die Kurven, welche für diese Regionen die Niederschlagshöhen darstellen, verlaufen fast entgegengesetzt. Der jährliche Niederschlag in Indien setzt sich, mit Ausnahme der nördlichsten Stationen, fast ausschliesslich aus den Regen des SW-Monsuns zusammen und ereignet sich im Sommer. Da ist es nun von grösster Wichtigkeit, dass, gemäss den Beobachtungen, die Niederschlagsmengen während der Monate Oktober bis März in Sibirien sich im allgemeinen umgekehrt verhalten wie die Niederschlagsmengen, die während der folgenden Regensaison in Indien fallen. Die Meteorologen zu Calcutta haben schon vor längerer Zeit gefunden, dass, wenn zur Winterszeit im Himalayagebirge reichliche Schneefälle eintreten, im nächsten Sommer Trockenheit und Hungersnot in Hindostan zu befürchten

ist, und dass umgekehrt bei geringem Schneefalle im Himalaya reichliche Monsunregen zu erwarten sind.

Die gleiche Beziehung findet statt zwischen der in Sibirien gefallenen Regenmenge im Winter und der im nächsten Sommer für Indien zu erwartenden, wie zwischen der zu Calcutta ermittelten Regenmenge in Indien und der Schneemenge im Himalayagebirge. Hieraus könnte man schliessen, dass im Winter das Regime der Regenfälle über ganz Zentralasien bis zu den Abhängen des Himalaya und den Gebirgen Belutschistans im Süden das Gleiche ist. Es bedarf keiner Frage, dass eine Vorausbestimmung des Wetters für die Regenzeit Indiens, ein halbes Jahr vor Eintritt derselben von ungeheurem Nutzen sein würde. Unglücklicherweise ist aber das oben ausgesprochene Gesetz nicht ohne Ausnahmen. Von den 21 Jahren, welche in den Beobachtungen dargestellt werden, entsprechen zwei dem Gesetze nicht (1886 und 1896), und gerade eines derselben (1896) war überaus schrecklich durch die Trockenheit und Hungersnot, welche Indien heimsuchten. Von einer absoluten Sicherheit kann also hier, wie bei allen meteorologischen Prognosen, nicht die Rede sein.

Wie Hildebrandsson früher gezeigt, sind die Barometerschwankungen in Indien im allgemeinen denjenigen in Sibirien und auf der Insel Mauritius im Indischen Ozeane entgegengesetzt, am ausgesprochensten findet dies für Sibirien und Indien statt. Die Regenkurve für Mauritius zeigt dagegen kaum eine Beziehung zu derjenigen von Indien, aber doch ist bemerkenswert, dass der Trockenheit in Indien 1896 starke Regenfälle folgten, welche im Februar die Insel Mauritius heimsuchten und damals die unerhört grosse Wassermenge von 762.1 *mm* lieferten. Übrigens würde eine Beziehung zwischen Mauritius und Indien wahrscheinlicher im Sommer sein, wo der SO-Passat und der SO-Monsun zwischen beiden Regionen einen einzigen Luftstrom bilden, der weit mächtiger auftritt als im Winter, wenn der SO-Passat und der NO-Monsun zwei fast einander entgegengesetzte Luftströme sind, die durch die äquatorialen Kalmen getrennt werden.

Die Regenkurven von Mauritius und Südaustralien (Melbourne und Auckland) zeigen ebenfalls eine ausgesprochene Opposition. Von der Insel St. Helena, die im Aktionszentrum des Südatlantischen Ozeans liegt, sind leider keine Regenbeobachtungen bekannt, dagegen mehrjährige Beobachtungen am Alto da Serra (23° 40′ südl. Br., 46° 30′ östl. L. v. Gr.) in Brasilien, einem Orte, der auch noch im Gebiete des hohen südatlantischen Luftdruckes liegt. Beim Vergleiche mit Cordoba in Argentinien zeigt sich ebenfalls ein entgegengesetztes Verhalten der Regenmengen, genau so wie beim Vergleiche des nordatlantischen Barometermaximums mit der Region niedrigern Druckes bei Island oder zwischen dem Maximum des Indischen Ozeans und den gemässigten Regionen Südaustraliens.

Für die warme Jahreszeit (April bis September) ist es schwieriger, die Regenbeziehungen in dem hier betrachteten Sinne zu studieren.

Es genügt ein Blick auf die Karte der Isobaren und Isothermen für jene Monate, um sogleich zu zeigen, dass so ausgesprochene Gegensätze in dem Verhalten der Aktionszentren wie zur Winterszeit nicht stattfinden; auch fehlen im Sommer über grosse Kurven der Niederschläge bisweilen gänzlich. Hildebrandsson beschränkt sich deshalb auf wenige Bemerkungen.

Zunächst sind die zugleich veränderten Verhältnisse Sibiriens bemerkenswert. Das dort im Winter herrschende Barometermaximum ist im Sommer einem Minimum des Luftdruckes gewichen. Die Regenkurven für Barnaul und St. Mauritius zeigen jetzt ein ausgesprochen entgegengesetztes Verhalten. Dagegen zeigen die Kurven für Thorshavn und Ponta Delgada nicht mehr das entgegengesetzte Verhalten des Winters. Im Frühjahre, wenn das Festland von Europa anfängt sich zu erwärmen, verlegt sich der hohe Luftdruck der Azoren nach NW auf den Ozean. Dadurch werden in Europa jene vorherrschenden Nord- und Nordostwinde bedingt, welche im Mai und Juni die berüchtigten Kälterückfälle veranlassen. Cordoba in Argentinien und Alto da Serra zeigen im April bis September die gleiche Opposition in Bezug auf ihre Regenkurven, wie im Oktober bis März.

Über die Herkunft des Regens verbreitet sich Prof. E. Brückner[1]. Auf Grund der Verteilung des Regenfalles auf den Landflächen hat man mit wenigen Ausnahmen (u. a. Woeikof und Supan) den Ozean als einzigen Dampfspender für den Niederschlag betrachtet, doch mit Unrecht. Die Verdunstung von den Landflächen ist thatsächlich sehr bedeutend und beträgt in regnerischen Klimaten mindestens die Hälfte der Verdunstung benachbarter Meere. Sie lässt sich als Differenz zwischen dem Volum des Regenfalles und der abfliessenden Wassermenge berechnen. Sie wächst mit der Temperatur (60—50° nördl. Br. 365 *mm*, 40—30° 835 *mm*, 10° nördl. Br. bis 10° südl. Br. 1375 *mm*) und mit dem Regenfalle (England 500—550 *mm*, Norddeutschland 450, Russland etwa 300). Daraus folgt, dass sie wesentlich zum Regenfalle beitragen kann. Dass es geschieht, lehrt die Wasserführung der Flüsse.

Da die Wassermenge des Ozeans konstant ist, so muss ebenso viel Wasser zum Ozeane zurückkehren, als vom Ozeane verdunstet. Vom Regenfalle der Landmassen fliessen aber nur etwa $^2/_9$ ab; würde aller Regen ozeanischen Ursprunges sein, so müssten die übrigen $^7/_9$ durch die Atmosphäre zum Ozeane zurückgelangen. Eine Diskussion der Luftbewegung ergiebt, dass das ausgeschlossen ist, besonders im Norden der Alten Welt, wo die Küste Mittel- und Westeuropas das Einfallsthor für den ozeanischen Wasserdampf darstellt. Daher muss mehr als die Hälfte, wahrscheinlich aber

[1] 7. Internationaler Geographen-Kongress zu Berlin 1899.

$^2/_3$ des gesamten auf den Landflächen der Erde fallenden Niederschlages dem Wasserdampfe entspringen, der durch Verdunstung von den Landflächen in die Atmosphäre gelangte. Ganz besonders klar ist der kontinentale Ursprung des bei Wärmegewittern fallenden Regens.

Da die Grösse der Verdunstung je nach den Bodenverhältnissen wechselt, bei undurchlässigem Boden stärker als bei durchlässigem, bei bewachsenem stärker als bei nacktem, so wechselt auch das Vermögen des Bodens, Wasserdampf zu liefern. Die Vegetation trägt um so mehr zur Verdunstung bei, je tiefer ihre Wurzeln reichen. Nach Ototzkij wirkt in Russland Wald geradezu drainierend auf das Grundwasser. Doch darf man nicht erwarten, den Effekt dieser stärkern Verdunstung des Waldes im Regenfalle des alten Waldes zu erkennen. Es kommt vielmehr die gesteigerte Dampflieferung besonders dem in Lee gelegenen Gebiete zu Gute, wohin der Wind die Wasserdämpfe verträgt.

Mit dem grossen Einflusse der Landflächen auf die Dampflieferung hängt es zusammen, dass mehrfach Dürren so ausgedehnte Flächen treffen, wie z. B. 1893. Auch das Fehlen einer Kompensation des Regenfalles in den 35jährigen Klimaschwankungen erfährt eine Erklärung: Für die Gebiete Russlands und Sibiriens werden die Regenmengen des luvwärts gelegenen Gebietes von Mittel- und Westeuropa massgebend, da in regnerischen Zeiten hier mehr Wasser verdunstet, das sich dann später weiter im Osten niederschlägt, in trocknen aber weniger.

So ist die Landfläche nicht unthätig beim Kreislaufe des Wassers, im Gegenteile, sie verdoppelt und verdreifacht ihn: Ein Wasserteilchen, das durch die Atmosphäre vom Ozeane zum Lande kam, fällt hier durchschnittlich dreimal als Niederschlag nieder, ehe es in den Schoss des Ozeans zurückkehrt.

Die Bildung des Hagels besprach Prof. W. Trabert[1]), wobei er alle bisher aufgestellten Hageltheorien kritisch beleuchtete. Zwei Fragen sind es hiernach, auf die sich die Erklärung der Hagelbildung konzentriert, nämlich die nach der Ursache des Zusammenflusses und die nach der Ursache des Wärmeverbrauches. Die erste Ursache ist nach Trabert wahrscheinlich in der Elektrizität zu suchen, aber was die Ursache der Kälte anbelangt, so ist darüber Sicheres nicht ermittelt, in ihr liegt das eigentlich dunkle Gebiet bei Erklärung des Hagelprozesses.

18. Winde und Stürme.

Der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit auf dem Wasserturme und der Spitze des Münsterturmes zu Strassburg. Seit 1892 funktionieren selbstregistrierende Anemometer auf

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 433.

dem Wasserturme (52 *m* über dem Boden) und auf der Münsterspitze (144 *m*), und diese Aufzeichnungen füllen die Lücke aus zwischen den bisherigen Windstärkemessungen nahe dem Erdboden und in 300 *m* Höhe auf dem Eiffelturme. In seiner Bearbeitung des 1892 erhaltenen Materiales[1]), kam Prof. Hergesell zu folgenden Ergebnissen:

»Die beiden Anemometer haben eine Höhendifferenz von 92 *m*. Das untere, das immerhin schon 52 *m* über dem Erdboden steht, zeigt einen wesentlich andern Gang als das obere auf der Münsterspitze. Die Mittel der Windgeschwindigkeit, die aus den Aufzeichnungen des höhern Windmessers abgeleitet sind, haben einen täglichen Gang, der durchaus dem bekannten Gange der Windgeschwindigkeit auf Berggipfeln entspricht. Das Minimum fällt in die Vormittagsstunden, das Maximum in die Nachtzeit. Der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 52 *m* zeigt dagegen das Maximum in der Tageszeit zwischen 2 und 4^h nachmittags, ein weniger ausgesprochenes Minimum in den Nachtstunden. Die Grenze der Schicht, in welcher der tägliche Gang, wie er in der Nähe des Erdbodens stattfindet, zur Erscheinung tritt, scheint kaum höher zu liegen als 52 *m*, da die Windgeschwindigkeiten der Wasserturmspitze, die überhaupt wenig in den Monatsmitteln variieren, mitunter Neigung zeigen, in den entgegengesetzten Gang überzugehen. Also nur in einer sehr dünnen Bodenschicht findet die Luftbewegung nach den Gesetzen statt, die durch die gewöhnlichen Anemometeraufstellungen ermittelt worden sind. Schon über einer Höhe von etwas mehr als 50 *m* über dem Erdboden gelten die Gesetze, wie sie durch die Gipfelstationen für die höhern Schichten aufgestellt sind.

Das bezieht sich in erster Linie auf den täglichen Gang, aber es hat auch Geltung für die Intensität der Bewegung. Das Jahresmittel 1892 beträgt für die Münsterspitze 5.89 *m*, für den Wasserturm 4.05. Das Verhältnis beider Geschwindigkeiten beträgt 1.46. Also ist in einer Höhe von 144 *m* die Windgeschwindigkeit im Jahresmittel beinahe anderthalbmal so gross, als in dem Niveau von 52 *m*.

Das Verhältnis würde noch grösser werden, wenn dass untere Anemometer sich in grösserer Nähe des Erdbodens befinden würde. Ausserdem ist zu bedenken, dass die Lage des Münsterturmes keine ganz freie ist, da die Stadt mit dem Turme in dem tiefen Graben des Rheinthales gelegen ist, dessen Wände die Münsterspitze bedeutend überragen. Trotzdem haben wir die hohe Geschwindigkeit von 6 *m* p. s. im Jahresmittel zu verzeichnen. Vergleichen wir mit diesem Jahresmittel die Geschwindigkeiten auf einer Gipfelstation, so finden wir auf dem Säntis in einer Höhe von 2500 *m* eine mittlere Geschwindigkeit von 8 *m* p. s., eine Zahl, die in Anbetracht der grossen Höhendifferenz auffällig klein zum Mittel der Windgeschwindigkeit auf der Münsterspitze erscheint. Die grösste Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe findet also in den untersten Schichten der Atmosphäre statt, hier beträgt die Zunahme für 100 *m* 2 *m*; viel langsamer nimmt die Geschwindigkeit von dem Niveau 150 *m* bis zur Höhe des Säntisgipfels zu. Das Mehr der Zunahme, für 100 *m* berechnet, hat hier den Wert 0.09, ist also nur einige Hundertstel der ersten Zahl. Trotz der nicht ganz freien Lage des Münsterturmes sind die Maximalgeschwindigkeiten, die auf der Spitze zur Beobachtung gelangten, doch ganz bedeutende. Die grösste Geschwindigkeit im Jahre 1892 wurde in der Nacht vom 31. Dezember 1891 zum 1. Januar 1892 um 3^h vormittags beobachtet. Die mittlere Geschwindigkeit von 3—4^h vormittags betrug damals 31.5 *m* p. s. In keinem Monate ging die erreichte Maximalgeschwindigkeit unter 13 *m* herab, sondern überschritt meistens den Betrag von 15 *m*. Wie schon

[1]) Deutsches Meteorolog. Jahrbuch. Elsass-Lothringen 1892.

erwähnt, sind diese Zahlen Stundenmittel. Wenn man die Geschwindigkeit für kleinere Zeitabschnitte ermittelt, ergeben sich noch grössere Geschwindigkeiten: 25 *m* p. s. würden dann öfters überschritten. Hierdurch ist bewiesen, dass die Luftbewegung ganz verschiedenen Gesetzen folgt, je nachdem sie in einer dünnen Bodenschicht, die kaum 50 *m* an Dicke überschreitet, oder darüber in höhern Schichten stattfindet. Die Bewegungserscheinungen in der untersten Schicht sind meist lokaler Natur und wenig vergleichbar. Anemometerbeobachtungen in einer Höhe angestellt, die mehr als 50 *m* beträgt, bieten weit grösseres Interesse und sind auch mit einander vergleichbar, was man von den bis jetzt angestellten Messungen der Windgeschwindigkeit kaum wird behaupten können«.

Prof. J. Hann hat die Registrierungen auf beiden Punkten für den täglichen Gang der Windstärke durch Formeln mit periodischen Gliedern dargestellt[1]) und dadurch mit den an andern Orten gewonnenen unmittelbar vergleichbar gemacht; auch giebt er eine kurze Darstellung der am meisten charakteristischen Züge der täglichen Änderung der Windstärken in 52 und 144 *m* Höhe.

»Das Anemometer auf dem Wasserturme zeigt im Winter eine sehr geringe tägliche Variation, im Sommer wird dieselbe etwa viermal grösser. Gegenüber niedrigen, näher der Erdoberfläche aufgestellten Anemometern zeigt sich eine Verspätung des Eintrittes der Minima, namentlich aber auch der Maxima der Windstärke im Laufe des Tages. Das Maximum tritt erst um $3^h\ 30^m$ nachmittags etwa ein, während es bei niedrig aufgestellten Anemometern meist schon bald nach 1^h nachmittags sich einstellt. Die Windstärke überschreitet erst um 11^h vormittags, also kurz vor Mittag, den Mittelwert, während ganz unten dies schon um 9^h vormittags geschieht. Im ganzen aber ist der tägliche Gang der Windstärke auf dem Wasserturme noch mit jenem an der Erdoberfläche übereinstimmend.

Anders auf dem Münsterturme in 144 *m*. Hier ist bei Tage von 7^h vormittags bis 4^h nachmittags die Windstärke unter dem Mittel, auf dem Wasserturme aber von 11^h vormittags bis 8^h nachmittags über demselben. Bei Nacht ist die Windstärke über dem Tagesmittel wie auf dem Eiffelturme und auf Berggipfeln. Es treten aber zwei Maxima bei Nacht auf, das eine um 9^h nachmittags, gleichsam das hier noch weiter verspätete Maximum am Wasserturme, und ein zweites Maximum um 4^h vormittags, das mit jenem auf manchen Berggipfeln korrespondiert. Die kleinste Windstärke tritt im Winter um 1^h nachmittags ein, zu gleicher Zeit mit dem Maximum am Erdboden, im Sommer aber, wo nach der Espy-Köppen'schen Theorie der Luftaustausch zwischen den untersten und den obern Luftschichten viel höher hinaufreicht, schon zwischen 9 und 10^h vormittags; um 4^h nachmittags greift die lebhaftere Luftbewegung schon in höhere Schichten hinauf über die Münsterturmspitze hinaus. Der Münsterturm bildet eine Zwischenstation zur Höhe des Eiffelturmes, und die daselbst beobachteten Änderungen der Windstärke sprechen vollkommen zu Gunsten der eben genannten Theorie. Bemerkenswert ist, dass die mittlere Grösse der täglichen Variation der Windstärke auf der Münsterturmspitze im Winter und im Sommer ziemlich gleich ist. Die Registrierungen auf dem Strassburger Münsterturme zeigen, wie schon Hergesell hervorgehoben hat, dass die an der Erdoberfläche allenthalben beobachtete tägliche Verstärkung des Windes nach Mittag und bei Tag überhaupt kaum über 100 *m* hinauf reichen dürfte, dieselbe also ein auf die untersten Luftschichten beschränktes Phänomen ist.«

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 457.

Anschliessend giebt Prof. Hann noch einige Mitteilungen über den täglichen Gang der Windstärke in verschiedenen Höhen auf der Insel Jersey. »Das Anemometer in 55 *m* relativ (112 *m* absolut) zeigt eine sehr geringe tägliche Variation, was wohl durch die Lage auf einer Insel bedingt wird; in dieser Höhe wirkt die Insel nur mehr wenig auf das Anemometer, und die tägliche Variation nähert sich jener über der Meeresfläche, wo dieselbe bekanntlich sehr unbedeutend ist oder fast ganz verschwindet. W. Köppen hat dies aus den Registrierungen auf einer der Bermuda-Inseln schon vor längerer Zeit nachgewiesen. Die Registrierungen auf Jersey lassen sich deshalb nicht unmittelbar mit jenen auf dem Wasserturme in Strassburg vergleichen, obgleich die relative Höhe der Anemometer dieselbe ist.«

Prof. Hann hat zunächst die korrespondierenden Jahresmittel aus den Registrierungen 1895 und 1896 in 8 *m* und in 55 *m* über dem Boden berechnet.

Es ergiebt sich daraus, dass in der Nähe der Erdoberfläche in 8 *m* Höhe die tägliche Variation der Windstärke fast viermal grösser ist als in 55 *m* über der Erdoberfläche. Der tägliche Gang in 8 *m* ist der wohl bekannte in der Nähe des Bodens: Maximum $1^h\ 30^m$ nachmittags, Minimum 3^h vormittags. In 55 *m* dagegen fällt das Maximum auf 7^h nachmittags (zwei Stunden früher als auf dem Münsterturme), das Minimum auf 7^h vormittags.

Der Einfluss der Jahreszeiten auf die tägliche Variation besteht hauptsächlich in einer Vergrösserung der täglichen Amplitude, die im Sommer rund zweimal grösser ist als im Winter. Die Phasenzeiten bleiben ziemlich konstant. Auch in diesen Gleichungen für die Jahreszeiten ersieht man die grosse Abschwächung der täglichen Variation mit der zunehmenden Höhe der Aufstellung des Anemometers.

Über verschiedene Entstehungsarten und Erscheinungsformen des Föhns verbreitete sich R. Billwiller[1]).

Der Föhn auf der Nordseite der Alpen. Nach Erk und Pernter wäre das Auftreten des Föhns immer die Folge der Bildung von Teilminima am Rande einer primären Depression. Auch Hann hat dieses Ergebnis in seiner Klimatologie erwähnt. Billwiller hat in einem speziellen Falle, nämlich bei dem Föhn vom 13. Januar 1895[2]), ebenfalls auf dessen Zusammenhang mit der Bildung einer Teildepression hingewiesen, die letztere aber als Folge des Föhn betrachtet, und nicht umgekehrt. Nach seiner auf langjährige Wahrnehmungen sich stützenden Ansicht ruft in den meisten Fällen schon eine primäre Depression auf ihrer Vorderseite am Nordfusse der Alpen eine Föhnströmung hervor, und es kann eine solche, namentlich wenn sie nicht sehr intensiv auftritt, einige Tage anhalten, ohne zur Bildung einer Teildepression zu führen. Eine Ausbuchtung des südöstlichen Teiles der Depression ist allerdings häufig zu beobachten; diese dürfte aber nach seiner Meinung auf die thermische Wirkung der relativ warmen zuströmenden Luft zurückzuführen sein.

---

1) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 204 ff.
2) Meteorol. Zeitschr. 1895. p. 201.

Er will aber nicht in Abrede stellen, dass es Fälle giebt, wo ein im N der Alpen vorüberziehendes Teilminimum die Veranlassung zum Auftreten desselben bildet. So war z. B. eine über Frankreich entstandene Teildepression, die, an Tiefe und Umfang zunehmend, am Morgen des 29. Oktober 1896 durch Süddeutschland nordwärts zog, die Ursache eines in den nördlichen Alpenländern vom Mittage des 28. bis um 7^h vormittags des 29. zeitweise mit grosser Heftigkeit auftretenden Föhnsturmes, dem dann plötzlich eine intensive nordwestliche Strömung folgte, wobei die Temperatur rasch um ca. 10° fiel. Die stark ausgeprägte Teildepression hatte bezüglich der Föhnerzeugung eben ganz die Wirkung einer rasch vorüberziehenden primären Depression. Aber auch bei barometrischen Teilminima von geringer Ausdehnung wird vorübergehend Föhn veranlasst. Dies war z. B. der Fall bei den Teilminima, die am Südrande von ausgedehnten Depressionen am 2. Januar nachmittags und in der Nacht vom 12. zum 13. Januar 1899 im N der Alpen ostwärts zogen.

»Als sicher dürfen wir annehmen, dass beim Föhn auf der Nordseite der Alpen, wie dies auch Hann in seiner Abhandlung: »Über den Föhn in Bludenz«, hervorgehoben hat, das Motiv seiner Entstehung, abgesehen von den weiter unten besprochenen Fällen des mehr lokalen Auftretens in den Thälern, diesseits der Alpen liegt, und dass diese keineswegs an die Bedingung eines die Alpen überwehenden stürmischen Windes geknüpft ist. Auf der Südseite der Alpen ist meistens von einem aufsteigenden Luftstrome nichts direkt wahrzunehmen. Eine langsame Hebung der untern Schichten, verursacht durch die vom Alpenkamme nach der Südseite sich ausbreitende Störung des Gleichgewichtes, macht sich in der Folge durch die Bildung von Niederschlägen bemerkbar. Doch sind diese oft nur unbedeutend oder bleiben, wenn der Föhn nur kurze Zeit anhält, auch ganz aus.

Allgemein bekannt ist, dass dem Föhn auf der Nordseite der Alpen sehr häufig Niederschläge folgen. Letztere stehen aber mit dem Föhn selbst in keinem ursächlichen Zusammenhange, sondern sie sind einfach die Folge des Fortschreitens der Depression nach O, wobei auf deren Rückseite der Föhn durch die feuchten W- und NW-Winde ersetzt wird. Nicht selten bleiben aber auch diese Niederschläge aus, nämlich jeweils dann, wenn das Depressionszentrum im W stationär bleibt und sich darauf unter Einwirkung einer im O gelegenen Hochdruckzone ausfüllt oder in retrograder Richtung sich westwärts fortbewegt.

Der Nordföhn auf der Südseite der Alpen. Das Auftreten eines dem Föhn der Nordschweiz analogen, sich nur durch die Richtung unterscheidenden Fallwindes auf der Südseite der Alpen war eine Folgerung, die schon auf deduktivem Wege aus der Hann'schen Theorie sich ergeben musste. Es wurde ihr auch bald durch den Nachweis entsprechender Thatsachen Genüge geleistet, und es bilden die letztern nun eine wesentliche Stütze der Theorie. Wild und Hann haben schon im Jahre 1868 gezeigt, dass nicht selten in den südlichen Alpenthälern vom Alpenkamme herabwehende trockene nördliche Winde sich einstellen, und Hann hat nachgewiesen, dass bei diesem Windfalle die Temperaturzunahme im Mittel dem von der Theorie geforderten Betrage von 1° pro 100 *m* wie beim Föhn auf der Nordseite entspricht, und dass ebenso die relative Feuchtigkeit eine geringe ist. Wild nannte deshalb diesen Fallwind Nordföhn, indem er dem Kollektivnamen Föhn, welcher auf die physikalischen Eigenschaften des Windes hinweist, die Richtung, aus der er weht, zur Unterscheidung vom diesseitigen Föhn beifügte.

Veranlassung zum Auftreten des Nordföhns geben die über dem nördlichen Mittelmeergebiete sich einstellenden Depressionen. Je tiefer diese sind, und je näher ihr Zentrum den Alpen zu liegen kommt, umso intensiver tritt der Nordföhn auf, entsprechend dem Verhalten des diesseitigen Föhns. Doch sind die barometrischen Minima nicht immer die Ursache des Auftretens von Nordföhn. Lokal, d. h. innerhalb der südlichen Alpen-

thäler, stellt sich dieser auch ein, wenn im N der Alpen von W oder NW her eine rasche Zunahme des Luftdruckes erfolgt, wie dies auf der Rückseite einer ostwärts abziehenden Depression der Fall ist. Es tritt dann am Nordfusse der Alpen eine Stauung der Luft und damit ein bedeutender barometrischer Gradient gegen S ein, da die Bewegung der Luftmassen an der Scheidewand der Alpen ein Hindernis findet. Dadurch entsteht eine Gleichgewichtsstörung, und es wird durch den Überdruck von N her die Luft gleichsam aus den Thälern herausgepresst, wobei Föhnbildung eintritt ohne Mitwirkung von Aspiration durch ein barometrisches Minimum im S. Der Luftdruck ist in diesen Fällen auf der Südseite des Gebirges wie im N im Steigen, die Depression also in Abnahme begriffen. Das Motiv des Nordföhns liegt in diesen Fällen also nordwärts der Alpen. Billwiller hat auf diese Entstehungsweise bereits 1875 hingewiesen, und es dürfte dieselbe in der Mehrzahl der Fälle des Auftretens des Föhns im Bergell zutreffend sein.

Auf ein ganz analoges Auftreten des Nordföhns in Steiermark hat vor kurzem Trabert durch Mitteilung von Beobachtungen zu Tragöss auf der Südseite der Hochschwabkette hingewiesen [1]). Auch bei diesem Föhn lassen sich, wie Trabert ausdrücklich hervorhebt, die oben erwähnten zwei verschiedenen Arten der Entstehungsursachen unterscheiden, einerseits der Einfluss eines im S gelegenen barometrischen Minimums, anderseits der Vorstoss einer Zone relativ hohen Luftdruckes von N her, d. h. der durch Stauung gebildete barometrische Gradient über dem Alpenkamme.

Im allgemeinen zeichnet sich der Nordföhn mehr durch die geringe relative Feuchtigkeit, als durch abnorm hohe Temperaturen aus, wie es beim diesseitigen Föhn der Fall ist. Es erklärt sich dies leicht aus dem Umstande, dass beim Nordföhn die Anfangstemperatur der von der Nordseite der Alpen zuströmenden Luft tiefer liegt als bei der von der Südseite her aspirierten Luft des Südföhns. Der physikalische Prozess aber, oder der Betrag der Wärmezunahme beim Herabfliessen ist für dieselbe Höhendifferenz bei beiden Fallwinden die gleiche.

Gleichzeitiges Auftreten von Föhn in den nördlichen und südlichen Alpenthälern. Erfolgt die Zunahme des Luftdruckes beim Abziehen oder Ausfüllen einer barometrischen Depression durch eine Strömung mit bedeutender vertikaler Komponente, statt wie beim Nordföhn durch einen mehr horizontalen Luftzufluss, und stellt sich eine solche Strömung über dem Alpengebiete ein, nachdem hier zuvor relativ niedriger Luftdruck geherrscht hat, so kann der absteigende Luftstrom Anlass zum gleichzeitigen Auftreten von Föhn auf beiden Seiten der Alpen geben.« Dies war der Fall in einem Beispiele, auf das Billwiller näher eingeht.

»Solche Fälle gleichzeitigen Auftretens von Föhn zu beiden Seiten der Alpen sind zwar nicht häufig, aber auch nicht sehr selten. Sie werden, da die Luftbewegung dabei gewöhnlich nicht intensiv ist, leicht übersehen.

Föhnerscheinungen im Alpengebiete beim Regime von barometrischen Maximalzonen. Eine absteigende Bewegung der Luft bildet die Regel innerhalb der Gebiete hohen Luftdruckes. Es ist wieder das Verdienst Hann's, zuerst darauf hingewiesen zu haben, dass die in den höhern Luftschichten auftretende abnorme Wärme bei gleichzeitigem, durch die Ausstrahlung bedingten starken Erkalten der in den Niederungen stagnierenden Luftmassen aufs engste mit der Luftzirkulation in den barometrischen Maximalzonen zusammenhängt. Den ersten Nachweis für die herabsteigende Bewegung der Luft im innern Teile eines Hochdruckgebietes als Ursache der hohen Wärme und Trockenheit in grössern Höhen der Atmosphäre führte er in einer Besprechung des Luftdruckmaximums vom 23. Januar bis 3. Februar 1876 [2]). Seither wurde das Auftreten dieser, wie Hann sich ausdrückt, dem Föhn ganz analogen Erscheinungen, im zentralen Teile der

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1898. p. 63.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1876. p. 129.

barometrischen Maxima oder Antizyklonen allseitig bestätigt, und es hat das im Winter so häufig sich einstellende und im Klima der Gebirgsgegenden ein so wichtiges Moment bildende Phänomen der sogenannten Umkehrung der vertikalen Temperaturverteilung dadurch eine allgemein befriedigende Erklärung gefunden.

Das sonst langsame Absteigen der Luft innerhalb der Antizyklonen nimmt nun aber im Alpengebiete häufig lokal eine raschere Bewegung an. Es geschieht dies unter dem Einflusse der Terraingestaltung, was sich mechanisch unschwer erklärt. Bei der Annäherung an das aus der Niederung emporragende Gebirge treten Stauungen ein, und es muss die niedersinkende Strömung bei der Verengung ihrer Bahn in den Thälern an Intensität und Beschleunigung gewinnen. Deshalb sind auch die Alpenthäler zu Zeiten, wo die ganze Niederung zwischen Jura und Alpen bis zu einer Höhe von 800—900 *m* üb. M. von Nebel erfüllt ist, meistens nebelfrei. So melden die Stationen Chur (610 *m*) und Glarus (470 *m*) sehr oft heitern Himmel, während im Alpenvorlande das Terrain bis 800 *m* Höhe und darüber in das Nebelmeer getaucht ist. Die thalwärts fliessende trockene und relativ warme Föhnluft lässt eine Nebelbildung nicht zustandekommen; es tritt dieselbe erst im Flachlande ein, wo sie zur Ruhe kommt, sich mit den stagnierenden Luftmassen mischt und dabei abkühlt. Am auffälligsten macht sich die warme abfliessende Luft an der Grenzlinie zwischen dem Nebelmeere und der obern warmen, von Rauhreif und nach kurzer Zeit auch von Schnee freien Zone der Berghänge bemerkbar. Gelangt man beim Aufwärtssteigen aus der Nebelschicht über diese Grenzlinie, so hat man das Gefühl, als ob man in ein geheiztes Zimmer trete. Erleidet diese Grenzlinie Schwankungen, einerseits durch den abwärts drängenden warmen Luftstrom, anderseits durch die unter dem Einflusse von mehr oder weniger lokalen Luftdruckdifferenzen veranlasste Bewegung oder durch die infolge der Insolation bewirkte Auflockerung der untern Luftschichten, so treten merkwürdige Temperaturschwankungen an ein und derselben Lokalität ein. Wanner, früher Leiter der meteorologischen Station Trogen, hat mehrfach den merkwürdigen Kampf der warmen Föhnluft aus der Höhe mit der kalten, vom Bodenseebecken heranflutenden Nebelluft beobachtet. Es traten dabei Temperaturwechsel bis zu 14° innerhalb einer Stunde und bis zu 9° innerhalb fünf Minuten auf, während die relative Feuchtigkeit zwischen 100 und 30% schwankte. Da nun dieser absteigende Luftstrom von den Bewohnern der betreffenden Berggegenden allgemein »Föhn« genannt wird und sich in seinen Eigenschaften auch von dem durch die Aspiration eines Barometerminimums bewirkten in keiner Weise unterscheidet, so ist nicht einzusehen, warum er wissenschaftlich nicht als Föhn bezeichnet werden sollte. Es treten übrigens nicht selten Übergangsformen dieser beiden Föhnarten auf, nämlich dann, wenn ein sich näherndes barometrisches Minimum beginnt sich geltend zu machen. Die kalten, schweren, stagnierenden Luftmassen der Niederung bleiben dann noch eine Zeitlang stabil und werden nur allmählich von der durch die Wechselwirkung der Depression und Antizyklone bedingten, in den obern Regionen zuerst auftretenden Strömung erfasst, worauf schon oben hingewiesen wurde. Die unter dem Regime der Antizyklone zuerst nur lokal auftretende Föhnströmung an den Berghängen und in den Alpenthälern wird dann durch die aspirierende Wirkung des Barometerminimums verstärkt und breitet sich allmählich über das ganze nördliche Alpenvorland aus. Der Föhn der Antizyklone geht dabei unvermerkt in den typischen Föhn über.«

Schliesslich bespricht Billwiller trockne, föhnartige, aus Antizyklonen herauswehende Winde. Dieselben senken sich namentlich aus den Randgebieten von Antizyklonen aus der freien Atmosphäre, ohne Einwirkung des Terrains, zur Erdoberfläche herab. Schon Hann hat auf solche Fälle hingewiesen, und Billwiller fügt einige weitere Beispiele dazu. »Auch die optischen Erscheinungen (grosse Durchsichtigkeit der Luft) und die physiologische Wirkung sind nahezu dieselben wie beim echten Föhn, nur die

Windrichtung ist eine andere. Sie werden deshalb auch vom Laien Föhn genannt. Es liegt, sagt Billwiller, kein Grund vor, diese Benennung als wissenschaftlich unzulässig zu bezeichnen. Man kann ja diesem Namen zur Unterscheidung vom typischen Gebirgsföhn das Epitheton antizyklonal beifügen und den Wind demnach als antizyklonalen Föhn oder »Föhn aus Antizyklone« nennen, während der absteigende Luftstrom innerhalb der Antizyklone über der stagnierenden kalten Luftschicht etwa als Höhenföhn zu bezeichnen wäre, wenn man spezialisieren will. Soviel dürfte aus dem Vorstehenden hervorgehen, dass die Veranlassung zur Entstehung der warmen, trockenen Fallwinde eine verschiedenartige sein kann, dass diese Verschiedenartigkeit der Veranlassung dem Wesen des Föhnphänomens aber keinen Eintrag thut. Eine strenge Unterscheidung verschiedener Föhnarten lässt sich nicht durchführen, weil eben mannigfache Übergangsformen auftreten. Es ist deshalb angezeigt, den Begriff »Föhn« nach den Eigenschaften des Windes und nicht nach dessen Entstehungsarten zu umschreiben, und dies um so mehr, wenn dadurch der Begriff sich mit der volkstümlichen Auffassung deckt.«

Eine Zusammenstellung der grössten gemessenen Windgeschwindigkeiten bei Stürmen giebt Dr. W. Köppen[1]). Dieselbe ist nachstehend wiedergegeben. Neben den wirklichen Windgeschwindigkeiten (*m* pr. Sek.) stehen in Klammern die unkorrigierten Angaben der betreffenden Anemometer, wie sie veröffentlicht sind:

Deutsche Küste. Am 12. Februar 1894 in Hamburg, Wilhelmshaven, Kiel und Wustrow: Stundenmittel (32) 25 bis (36) 28, in Stössen gemessen in Hamburg (40) 30 bis (44) 32 *m* pr. Sek., allerstärkste wohl noch mehr.

Am 11. Dezember 1891 in Borkum, Wilhelmshaven, Hamburg und Wustrow: Stundenmittel zwischen (30) 23 und (34) 26 *m* pr. Sek. In Stössen gemessen in Hamburg (39) 29, geschätzt (40) 30 bis (42) 32 *m* pr. Sek.

1876—1890 höchste stündliche Werte in Wilhelmshaven, Hamburg, Kiel und Wustrow (31) 24, in Borkum [41 *m* hoch] (34) 26 *m* pr. Sek.

Wien. Am 10. März 1881 (29.5) 27, am 10. Dezember 1884 (30.0) 27.5. Vergl. Hann in Meteorolog. Zeitschr. 1894. p. 156; Kew-Anemometer, also Konstante = 2.2.

England. Von Harding sind zwei Zusammenstellungen in Quart. Met. Soc. Journ. 1894. p. 51 und 1895. p. 97 gegeben, durchweg nach der alten Instrumentalkonstante 3. Für Scilly ist diese Konstante auch fast so gross (2.9 nach Curtis), für alle übrigen unten genannte Stationen nimmt Verf. Kew-Anemometer mit Konstante 2.2 an. Stündliche Windgeschwindigkeiten über 26 *m* pr. Sek. haben sich nach diesen Angaben in folgenden Fällen ergeben:

Am	27. Febr.	1869	in	Sandwick	(81 miles)	=	(36) 27	*m* pr. Sek.
»	15. Jan.	1871	»	Valencia	(81 »)	=	(36) 27	» » »
»	20. Febr.	1877	»	Holyhead	(82 »)	=	(37) 27	» » »
»	16. Nov.	1877	»	Sandwick	(83 »)	=	(37) 27	» » »
»	21. Nov.	1881	»	Valencia	(82 »)	=	(37) 27	» » »
»	6. Jan.	1882	»	Sandwick	(82 »)	=	(37) 27	» » »
»	20. Jan.	1884	»	»	(88 »)	=	(39) 29	» » »
»	21. Febr.	1885	»	»	(82 »)	=	(37) 27	» » »
»	3. Dez.	1885	»	Valencia	(82 »)	=	(37) 27	» » »
»	15. Okt.	1886	»	Scilly	(78 »)	=	(35) 34	» » »
»	20. Mai	1887	»	Fleetwood	(91 »)	=	(41) 30	» » »
»	8. Febr.	.1889	»	»	(86 »)	=	(38) 28	» » »
»	7. Okt.	1889	»	»	(85 »)	=	(38) 28	» » »

[1]) Aus dem Archiv der Seewarte 21. No. 5. p. 17 ff.

Am 16. Okt.	1890	in Fleetwood	(82 miles)	= (37) 27 *m* pr. Sek.
» 7. Nov.	1890	» »	(87 »)	= (39) 29 » » »
» 11. Dez.	1891	» »	(90 »)	= (40) 30 » » »
» 17. Nov.	1893	» Orkney	(96 »)	= (43) 31 » » »
» 18. Nov.	1893	» Fleetwood	(87 »)	= (39) 29 » » »
		» Holyhead	(89 »)	= (40) 29 » » »
» 22. Dez.	1894	» Orkney	(83 »)	= (37) 27 » » »
		» Liverpool	(89 »)	= (40) 29 » » »
		» Fleetwood	(107 »)	= (48) 35 » » »

Aden. Am 3. Juni 1885 (49) 36 *m* pr. Sek., »beinahe eine Stunde lang.«

Mauritius. Am 29. April 1892, Kew-Anemometer, in Böen (121 miles) = (54 *m*) = 40 *m* pr. Sek.

Manila. Am 20. Oktober 1882 $^1/_4$ Stunde lang 54 *m*, also wenn Kew-Anemometer ebenfalls 40 *m* pr. Sek.

Habana. Am 6. September 1888 in den Böen (42) bis (45), also wenn Kew-Anemometer 31 bis 33 *m* pr. Sek.

Berücksichtigen wir die Verwüstungen, die manche von den angeführten europäischen Stürmen, wie jener vom 12. Februar 1894 in NW-Deutschland und die vom 18. November 1893 und vom 21.—22 Dezember 1894 in England an Bäumen und Gebäuden angerichtet haben, und durch die sie ihre Spur für Jahrzehnte hinterlassen haben, so dürfen wir das Mittel der obigen Angaben aus Europa, 28 *m* pr. Sek., getrost als die Windgeschwindigkeit ansehen, die der stürmischsten Stunde solcher Stürme im Mittel zukommt, deren Böen $11^1/_2$ Beaufort erreichen und überschreiten. Wie weit die Windgeschwindigkeit in kürzern Zeiträumen darüber hinausgeht, davon lässt sich leider nur wenig sagen. In Hamburg ist sie am 12 Februar 1894 bis zu 32 *m* pr. Sek. korrigiert gemessen worden, in Holyhead am 22. Dezember 1894 bis zu 49 *m* pr. Sek. Das letztere ist jedenfalls eine so grosse Ausnahme, dass wir diese Stärke ruhig als volle 12 Beaufort taxieren dürfen. Ebendahin gehören aber auch die in kurzen Zeiträumen zu Mauritius und Manila gemessenen Geschwindigkeiten von 40 *m* pr. Sek. nach ihren Wirkungen ohne jeden Widerspruch.

Die Orkane des Nordatlantischen Ozeans in der letzten Woche des Januar und den ersten Wochen des Februar 1899 sind von der Deutschen Seewarte eingehend dargestellt worden[1]).

Die Bahnen der hervorragendsten barometrischen Minima, in deren näherer und weiterer Umgebung die orkanartigen Winde der letzten Tage des Januar und der ersten Februarwochen über dem Nordatlantischen Ozeane sich entwickelten, hatten verschiedene Lagen zu den befahrenern Meeresteilen. Bis etwa zum 6. Februar durchschnitten sie die Schiffswege zwischen Europa und Nordamerika; nach dieser Zeit hielten sie sich mit einer einzigen Ausnahme nördlich davon. Die Vorgänge auf dem Ozeane im ersten Teile dieser Sturmperiode unterscheiden sich daher nicht unwesentlich von denen im zweiten Teile.

Die barometrischen Minima des ersten Teiles dieser Sturmzeit zeigten sich zuerst über dem südöstlichen Teile der Vereinigten Staaten Nordamerikas und wanderten von da der Mitte des Ozeans zwischen Neufundland und dem Englischen Kanal zu. Ihre Bahnen hatten also etwa den gleichen Verlauf.

Gewöhnlich treten solche intensive atmosphärische Erscheinungen nicht plötzlich und unvermittelt auf, sondern haben ihnen ähnliche Vorläufer von geringerer Heftigkeit. So war es auch hier der Fall.

In den Tagen vom 20. bis 24. Januar beschritt bereits ein barometrisches Minimum die beschriebene Bahn über dem Ozeane, wobei es an

[1]) Beiheft I zu den Annalen der Hydrographie Heft VII (Juli) 1899.

Tiefe zunahm. Auch in seiner Umgebung entwickelten sich heftige bis zum Sturme gesteigerte Winde, doch nur in einer 300 Seemeilen nicht übersteigenden Entfernung von ihm. Der niedrigste Barometerstand kann dabei nur wenig unter 735 *mm* herabgegangen sein.

Bedeutend ausgedehnter und von höherer Stärke war das wirbelähnliche Windsystem, dessen Mitte am 28. Januar nahe der Nordostküste Floridas sich befand und von da im Bogen gegen ONO zog unter dauernder Vertiefung der Barometerstände bis unter 725 *mm* herab. Orkanartige Böen und eine wilde durcheinanderlaufende See gefährdeten daher die Schiffahrt in der westlichen Hälfte des Nordatlantischen Ozeans bereits vom 28. Januar an.

Am 31. Januar hatte die Heftigkeit der Luftbewegung auf dem Ozeane zwischen den Vereinigten Staaten Nordamerikas und den Westküsten Europas zwar etwas nachgelassen, aber bereits trat über den südöstlichsten der Vereinigten Staaten eine Erscheinung auf, die in gewisser Hinsicht den Ausgangspunkt der schweren Orkane bildete, welche in der ersten Februarwoche auf dem Ozeane wüteten. Bis zum 3. Februar bildete das am 31. Januar über Karolina gelegene barometrische Minimum die Mitte des Windsystems, dem die Orkane angehörten.

Am 31. Januar morgens wies dies Minimum einen Barometerstand von nur wenig unter 759 *mm* auf. Schon am folgenden Morgen war der Luftdruck südlich von Neufundland auf etwa 40° nördl. Br. niedriger als 735 *mm* und am Abende weiter ostwärts bereits unter 715 *mm* herabgegangen. Am 2. Februar morgens sind in etwa 42° westl. L. v. Gr. und 45° nördl. Br. Barometerstände unter 705 *mm* anzunehmen. Auch noch am 3. und 4. Februar überstieg das Minimum des Luftdruckes auf der Mitte des Nordatlantischen Ozeans sicher nicht 710 *mm*. Mit diesen Tagen trat dies Minimum in seiner Bewegung gegen Nordosten aus dem Bereich des Gebietes, für welches zur Zeit die Beobachtungen vorliegen.

Indes erscheint am 4. Februar über dem Golfstrome ein neues Minimum, das das Ohio-Thal in der Richtung von West nach Ost durchzogen hatte. Über seine Tiefe an diesem Tage kann augenblicklich Genaueres nicht festgestellt werden, da die Schiffsbeobachtungen aus dem westlichsten Teile des Ozeans für die erste Februarwoche noch ungemein spärlich eingegangen sind.

Am 5. Februar lag jedenfalls ein Minimum von etwa 730 *mm* in 43° westl. L. v. Gr. wenig nördlich vom 40. Breitengrade, Nordostwärts fortschreitend, nahm es an Tiefe weiter zu, so dass am 6. Februar in seiner Nähe Barometerstände bis zu 706 *mm* herab beobachtet wurden.

Nach diesem kreuzten, wie schon bemerkt, zunächst die hervortretendsten Minima nicht mehr die befahrenern Schiffswege, sondern hielten sich auf dem Ozeane nördlich vom 45. und 50. Breitengrade. Bis zum 8. Februar fanden sich indes an der nördlichen Grenze der Schiffsrouten zwischen 20 und 40° westl. L. v. Gr. noch Barometerstände unter 720 *mm*, am 9. und 10. Februar von etwa 730 *mm*.

Während der oben erwähnte Vorläufer der tiefern Depressionen den Ozean in der Richtung etwa von Westsüdwest nach Ostnordost durchzog, d. i. vom 20. bis 22. Januar, bestand eine nahezu zonale Luftdruckverteilung. Von den Westindischen Inseln aus erstreckte sich eine Hochdruckzone in weitem Bogen bis zu dem südöstlichen Europa, während nördlich davon von den Vereinigten Staaten Nordamerikas bis über Nordeuropa eine Depressionszone sich hinzog. Von den Gebieten in der nähern Umgebung der gegen Nordosten ziehenden Minima abgesehen, herrschte daher über dem Ozeane und dem kontinentalen Europa in diesen Tagen eine westliche Luftströmung.

Dies änderte sich mit dem 23. Januar. Etwa zwischen dem 50. Längengrade westl. v. Gr. und den Westküsten Europas entstand über dem Ozeane ein umfangreicheres Depressionsgebiet und gleichzeitig im Osten davon über dem westlichen Europa ein Hochdruck-

gebiet. Dieses Depressionsgebiet nahm den mittlern und östlichern Teil des Ozeans nach Süden bis über die Breiten der Azoren hinaus ein. Der südliche Teil dieser Depression erhielt sich über der Umgebung der Azoren und den zwischen diesen Inseln und Südwesteuropa gelegenen Meeresgebieten bis etwa zum 10. Februar. Zeitweise, wie am 28. und 29. Januar, bildete er eine Depression für sich, die allseitig von hohem Luftdrucke umschlossen war und ein Minimum des Luftdruckes unter 745 *mm* enthielt.

In den Tagen vom 24. bis 28. Januar hatte sich nämlich von Nordwesteuropa aus der hohe Luftdruck und damit zugleich die östlichen Winde auf der Schiffsroute westwärts über den Ozean bis gegen den 40. Längengrad West v. Gr. ausgedehnt, während westlich von diesem Längengrade die Winde aus westlichen Richtungen im allgemeinen weiter vorherrschten.

Das Auftreten des Minimums an der Nordostküste Floridas am 28. Januar brachte hierin eine Änderung. Über dem nördlichern Teile des Golfstromes setzten an diesem Tage nordöstliche Winde ein. Mit dem Vorrücken dieses Minimums gegen Ostnordost verschob sich auch entsprechend das Gebiet dieser östlichen Winde im Laufe des 29. Januar bis über den 45. Breitengrad hinaus. Das Sturmgebiet dieser Depression betraf den westlichen Teil der Schiffswege zwischen Nordamerika und Europa bis etwa zum 30. Längengrade hin; es reichte jedoch nur über dem westlichen Teile des Ozeans weiter nach Süden, während es über dessen mittlern Gebieten sich nur wenig südlich über den 40. Breitengrad hinaus ausdehnte. Bemerkenswert ist, dass auch bei dieser tiefern Depression, wie es häufig der Fall ist, der mittlere Teil, um den sich die Winde wirbelähnlich anordneten, nicht nur ein Minimum, sondern wenigstens zeitweise deren zwei enthielt.

Vor der gegen Nordosten sich verlagernden Depression wich naturgemäss der hohe Luftdruck vom mittlern Teile des Ozeans gegen Nordosten zurück. Am 30. Januar hatte sich daher diese Depression mit der zwischen den Azoren und Südwesteuropa lagernden, zu einem gemeinsamen Gebiete niedrigen Luftdruckes mit zwei besonders hervortretenden Minima vereinigt. Es bestand so ein breiterer Streifen niedrigen Luftdruckes, der von Neufundland und Labrador aus gegen Nordwestafrika sich erstreckte. Südwestlich von einer Linie, die von der Mündung des Lorenzstromes bis etwa nach Kap Blanco gezogen zu denken ist, war an diesem Tage über dem Ozeane allenthalben der Luftdruck hoch.

Im Laufe des 31. Januar ging über dem Golfstrome der Luftdruck unter 760 *mm* herab. Am 1. Februar bestanden über dem Ozeane und Europa eine Luftdruckverteilung und Windverhältnisse, welche in ihren grossen Zügen denen des 28. Januar gleich waren.

Im westlichen Teile des Ozeans war die Gleichheit der Wetterlage an diesen beiden Tagen fast vollständig. Südlich von Neufundland und Neuschottland und in der Umgebung des 40. Breitengrades lag am 1. Februar ebenso wie am 28. Januar ein Gebiet niedrigsten Luftdruckes mit zwei barometrischen Minima. Nur die Temperaturunterschiede sind in der Umgebung dieser Minima wesentlich grösser als am 28. Januar; sie betrugen am 1. Februar bis zu etwa 4° auf eine Entfernung von 60 Seemeilen. Während südlich vom 40. Breitengrade und östlich vom 60. Längengrade das Thermometer am Morgen des 1. Februar 15° überstieg, war es nördlich vom 40. Breitengrade in der Nähe der nordamerikanischen Küste auch auf See erheblich unter $\div$ 10° herabgegangen.

Östlich vom 45. Längengrade ist das Gesamtbild der Isobaren am 1. Februar zwar ebenfalls dem vom 28. Januar ähnlich, indes war die wirkliche Höhe des Luftdruckes daselbst vielfach niedriger. So bestand am 1. Februar weder über den Britischen Inseln, noch über den Meeresteilen westlich von ihnen hoher Luftdruck wie am 28. Januar, sondern das Barometer war daselbst nur wenig höher als 750 *mm*.

Indem also die Depression vom Golfstrome aus weiter ostnordostwärts vorrückte in ein Gebiet mit niedrigerem Luftdrucke, als er am 28. Januar in diesen Gegenden bestand, nahm sie auch grössere Tiefe an, als ihr Vorläufer nach diesem Tage. Bereits am Abende des 1. Februar ging im Innern der Depression das Barometer unter 720 *mm* herab. Das Sturmgebiet erstreckte sich an diesem Abende etwa vom 35. bis zum 65. Längengrade und reichte nach Süden bis gegen den 30. Breitengrad hinab. Mit der Depression verschob sich auch das Sturmgebiet langsam ostwärts, bis es am 3. Februar abends den Ozean zwischen dem 20. und 50. Längengrade und nördlich vom 30. Breitengrade einnahm.

Am heftigsten wütete in diesen Tagen der Sturm mit lang anhaltenden orkanartigen Böen nördlich vom 37. Breitengrade auf der Süd- und auf der Westseite des barometrischen Minimums, also aus westlicher und nordwestlicher Richtung. Daselbst stand zugleich eine hohe nordwestliche Dünung, die nach Süden in das Passatgebiet bis gegen 10° nördl. Br. hin sich bemerkbar machte. Das häufige Anwachsen des ohnehin schon harten Sturmes zu Orkanstärke unter Schwanken der Richtung erzeugte dazu eine gewaltig hohe und wild durcheinanderlaufende See, die die Navigation aufs äusserste gefährdete.

Auch am 4. Februar dauerte der Sturm zwischen dem 20. und 50. Längengrade auf dem Ozeane an, jedoch mit etwas geringerer Heftigkeit als an den vorangehenden Tagen.

Das tiefe Depressionsgebiet erhielt sich nämlich an diesem Tage über dem Teile des Nordatlantischen Ozeans, welcher nördlich vom 30. Breitengrade und zwischen der geographischen Länge Neufundlands und den Westküsten Europas liegt, und der befahrenere Teil dieses Gebietes wurde von der südlichen Hälfte eines wirbelähnlichen Windsystems eingenommen, dessen Mitte etwa in 30° westl. L. v. Gr. und 52° nördl. Br. anzunehmen sein dürfte.

Wenn man das eben Gesagte zusammenfasst, so hat sich also diese Depression bereits weiter westlich in der Umgebung eines von Westen kommenden Minimums entwickelt und war mit diesem gegen Osten hin vorgerückt, so dass das Sturmgebiet zuerst den westlichen Teil des Ozeans erfasste und später sich erst über dessen mittlere Gebiete verbreitete.

Im Gegensatze dazu trat im Laufe des 4. Februar von Westen her in das grosse Depressions- und Sturmgebiet über der Mitte des Ozeans eine wenig umfangreiche Depression ein, die mit geringer Tiefe und daher auch nur schwach entwickeltem Windsysteme den Golfstrom von Westen her überschritten hatte. So bestanden am 5. Februar morgens über dem Ozeane zwei Windsysteme: ein allgemeineres, das um einen etwas nördlich von 50° nördl. Br. und in etwa 35° westl. L. v. Gr. gelegenen Mittelpunkt sich anordnete und innerhalb desselben, auf engem Raume beschränkt, ein besonderes, welches das in 41° nördl. Br. und 43° westl. L. v. Gr. gelegene Minimum umgab. Nordöstlich von diesem Minimum, also zwischen demselben und dem Minimum nördlich vom 50. Breitengrade, waren die Luftdruckunterschiede naturgemäss geringer und dementsprechend die Luftbewegung schwach, während auf seiner Südwestseite die Isobaren sich enger zusammendrängten, und der Sturm mit erneuter Heftigkeit auftrat.

Indem das Minimum sich der Mitte der grossen Depression weiter näherte, nahm es an Tiefe zu; die beiden Windsysteme waren nicht mehr voneinander zu trennen, und die Intensität des Sturmes steigerte sich im ganzen Depressionsgebiete. Bereits am 5. Februar abends tobte wiederum nördlich vom 30. Breitengrade und zwischen dem 50. und 20. Längengrade ein orkanartiger Sturm mit gewaltig hoher und durcheinanderlaufender See, und die nordwestliche Dünung verbreitete sich von der Südwestseite der Depression aus ebenfalls bis in die tropischen Meeresgebiete.

Man wird sich bei der Betrachtung dieser Vorgänge kaum des Eindruckes entziehen können, dass diese ganze Entwickelung durch das zeitweilige Zusammentreffen zweier Einzelerscheinungen hervorgerufen wurde, wie es auch schon bei den Vorgängen am 1. und 2. Februar den Anschein hatte. Diese Anschauung kann durch die Thatsache nur noch bestärkt werden, dass gleichzeitig mit der weitern Vertiefung der Barometerstände auf dem Ozeane über Mitteleuropa ein Hochdruckgebiet sich bildete, welches also dem Depressionsgebiete entsprach und, wie dieses, der Summation zweier gleicher Teile verschiedener Erscheinungen seine Entstehung verdanken dürfte.

Die tiefsten Barometerstände traten in dieser Zeit auf dem Ozeane denn auch am 6. Februar auf, als das von Südwesten vorrückende Minimum mit dem der grossen, weniger veränderlichen Depression nördlich vom 50. Breitengrade zusammenfiel. An diesem Tage wüteten anhaltend orkanartige Böen besonders auf dem ganzen Gebiete zwischen dem 20. und 40. Längengrade und nach Süden bis gegen den 35. Breitengrad.

Auch an dem folgenden Tage besserte sich das Wetter über diesem Meeresteile im allgemeinen nur wenig; es breitete sich das Sturmgebiet sogar noch weiter ostwärts gegen die Westküsten Europas hin aus. Nur die schweren Böen liessen zunächst an Heftigkeit nach. Die Winde waren am 7. Februar im Sturmgebiete an Richtung weniger verschieden; sie wehten durchweg aus westlichen Richtungen, da sie sich wiederum um einen nördlich vom 50. Breitengrade und etwas westlich vom 30. Längengrade liegenden Mittelpunkt anordneten.

Im Laufe des 8. Februar sank jedoch in der Umgebung der Azoren das Barometer erheblich bis gegen 730 *mm*, so dass zwischen diesen Inseln und dem unter den gleichen Längen in der Gegend des 50. Breitengrades liegenden Minimum der Luftdruck gleichmässiger und die Luftbewegung entsprechend schwächer wurde. Dagegen stieg das Barometer westlich vom 35. Längengrade ebenfalls bedeutend; daher nahmen die Winde westlich von den Azoren nördlichere Richtungen an, und die Heftigkeit des Sturmes wuchs daselbst wieder, und zwar in einem Gebiete, welches über den 40. Längengrad etwas gegen Westen hinausging.

Mit dem 9. Februar war die grösste Höhe der schweren Unwetter auf den befahrenern Teilen des Nordatlantischen Ozeans überschritten. Noch lange Zeit herrschten auf den Schiffsrouten zwar vielfach Stürme, dieselben unterschieden sich in ihrem Wesen aber nicht besonders von den gewöhnlichen Winterstürmen auf dem Nordatlantischen Ozeane. Die Luftdruckverteilung gestaltete sich auf dem Meere und über Westeuropa wieder annähernd zonal, während über dem nordamerikanischen und dem europäisch-asiatischen Kontinente hoher Luftdruck lagerte. Die barometrischen Minima beschritten fast durchweg Bahnen, die nördlich von der Schiffahrtsstrasse zwischen Europa und Nordamerika verliefen oder über dem westlichsten Teile des Ozeans dem Golfstrome folgten.

Ausser den Stürmen auf dem Golfstrome gehörten die Stürme also einer starken zonalen Luftströmung auf der Südseite einer Depression an. Sie erstreckten sich daher in gleicher Richtung fast über den ganzen Ozean, und nur einige besonders tiefe Minima, die in der Nähe des 50. Breitengrades ostwärts zogen, beeinflussten auf bestimmten Gebieten die Windrichtungen erheblicher und erhöhten den Sturm besonders über dem östlichern Teile des Nordatlantischen Ozeans. Dies war am 10. und 11. Februar, und in verstärktem Masse am 12. Februar der Fall, an welchem Tage nördlich vom 45. Breitengrade über dem östlichen Teile des Nordatlantischen Ozeans das Barometer unter 735 *mm* sank, während in gewisser Wechselwirkung damit über dessen südwestlicher Hälfte der Luftdruck 770 *mm* überstieg. Erst im Laufe des 13. Februar liess der Sturm über diesen Meeresteilen langsam an Heftigkeit nach.

Über dem nördlichen Teile des Golfstromes südlich von Neuschottland und Neufundland traten am 13. und 14. Februar in der nähern Um-

gebung eines ostnordostwärts fortschreitenden tiefern barometrischen Minimums (etwa 730 *mm*) ebenfalls nochmals orkanartige Winde auf.

Von den sonstigen Witterungserscheinungen, die die Orkane begleiteten, ist das vielfache Auftreten von Gewittererscheinungen, sowie von heftigen Regen-, Schnee- und Hagelböen zu erwähnen, wie es der Lebhaftigkeit der Luftbewegungen entspricht.

In Bezug auf die Wärmeverhältnisse über dem Ozeane ist aus den bisherigen Zusammenstellungen nicht viel zu bemerken. Die Isothermen zeigten bei den ausgeprägtern cyklonoidalen Depressionserscheinungen, wie gewöhnlich, die ∽ Form, derart, dass auf der östlichen Seite der Depression die höhern, auf der westlichen die niedrigern Temperaturen sich vorfanden. Besonders stark waren diese Temperaturunterschiede auf dem westlichern Teile des Nordatlantischen Ozeans. Auf der Rückseite und auf der Nordseite der barometrischen Minima traten in diesen Meeresteilen zeitweise sehr niedrige Temperaturen, unter dem Gefrierpunkte, auf.

Die Luft- und zuweilen auch die Wasserwärme sank daher an Bord einzelner Schiffe erheblich, sobald sie aus einer östlichen Lage in eine westliche zu einem barometrischen Minimum übergingen. Sie stiegen dagegen stark, wenn das Schiff in den östlichen Teil einer von Westen heranziehenden Depression gelangte, nachdem es vorher in dem Bereiche eines Windsystems sich befunden hatte, das ein ostwärts vom Schiffsorte gelegenes Minimum umgab.

Bei mehr zonaler Druckverteilung war auch die Temperaturverteilung nahezu zonal. Die Isothermen schlossen sich in der Hauptsache den Windrichtungen an.

Die Orkane der Antillen sind Gegenstand langjähriger Studien von Benito Viñes, dem 1893 verstorbenen Direktor des meteorologischen Observatoriums in Habana gewesen. Die Hauptresultate seiner Forschung, die in einem spanisch geschriebenen Werke desselben niedergelegt sind, blieben in Deutschland fast ganz unbekannt. Dr. P. Bergholz hat diese Schrift nun übersetzt und bearbeitet [1]). Folgendes ist der Hauptinhalt dieser Arbeit:

Bewegungen der Atmosphäre in den Cyklonen. 1. An der Oberfläche der Erde. Auf der nördlichen Halbkugel weht der Wind so, dass, wenn wir demselben den Rücken kehren, die linke, etwas nach vorn erhobene Hand das Gebiet niedern, und die rechte, etwas nach rückwärts erhobene Hand das Gebiet hohen Luftdruckes anzeigt. Für die südliche Hemisphäre sind rechts und links miteinander zu vertauschen. Dabei hängt die Grösse des Winkels, den die Windrichtung mit der Isobare des betreffenden Ortes bildet, von der geographischen Breite, der Grösse der Reibung und dem Beschleunigungs- oder Verzögerungszustande der Luftbewegung ab. Unter gleichen Umständen ist die Windstärke um so grösser, je grösser die am Orte wirksamen, in gleicher Weise gemessenen Druckunterschiede (Gradienten) sind.

In einer Cyklone bildet daher die Luftbewegung einen mächtigen Wirbel um einen zentralen Teil, das Zentrum, herum. Die Wirbelbewegung vollzieht sich auf derselben Halbkugel stets in demselben Sinne, und zwar auf unserer nördlichen Halbkugel immer von rechts nach links, von O über N und W nach S, oder entgegengesetzt der Bewegung der Zeiger einer Uhr; auf der südlichen Halbkugel gestaltet sich die Bewegung im Sinne der Bewegung der Uhrzeiger.

2. In den verschiedenen Höhen. In den Cyklonen der Antillen gestaltet sich die Bewegung der in ihnen zur Geltung kommenden Elemente in den verschiedenen Höhen derart, dass die untern Strömungen mehr

---

[1]) Marine-Rundschau 1898.

oder weniger gegen das Zentrum geneigt sind, während in einer gewissen Höhe eine mehr oder weniger kreisförmige Bewegung und in noch höhern Schichten eine Divergenz gegen das Zentrum eintritt. Diese Divergenz geht in vielen Fällen so weit, dass die Strömung in den obersten Schichten des Wirbels gradezu radial vor sich geht.

Ist das Zentrum der Cyklone im S, so weht der Wind aus ONO, die untern Wolken haben die Zugrichtung O, die Alto-Cumulus OSO, die Alto-Stratus SO, die Cirro-Cumulus SSO und die Cirrus S.

Das Gesetz wird bei den schön ausgebildeten Orkanzentren der Antillen stets zu beobachten sein, wenn es auch bei Cyklonen geringerer Intensität weniger vollkommen zum Ausdrucke gelangt, Verf. stellt es daher als das Fundamentalgesetz für die Orkane auf. In der Konvergenz und Divergenz der Strömungen werden sich in den verschiedenen Höhen Abweichungen zeigen können in den verschiedenen Cyklonen, auf den verschiedenen Seiten derselben Cyklone und in den verschiedenen geographischen Lagen, welche die Cyklone einnimmt. Die Konvergenz und Divergenz der Strömungen in den Cyklonen werden sich verändern, je nachdem sie einen grössern oder kleinern Durchmesser, eine grössere oder geringere Höhe, grössere oder geringere Intensität oder eine mehr oder weniger vollkommene Ausbildung hat. Ferner wird sich ein Unterschied zwischen der Vorder- und Rückseite zeigen, und endlich muss die Lage der Cyklone, ob sich die Cyklone noch im Tropengürtel oder ausserhalb desselben befindet, von Einfluss sein.

3. Vorderseite der Cyklone. An der Vorderseite des Wirbels oder der Seite der nördlichen Winde, zu denen die Windrichtungen zwischen O, N und W zählen, sind die cyklonalen Bewegungen folgenden Gesetzen unterworfen:

a) Wind. Die Windrichtungen sind im allgemeinen konvergent gegen die Richtung, in der das Zentrum liegt. Wenn der Beobachter dem Winde den Rücken kehrt, so macht die Windrichtung mit der Richtung, in der zu seiner linken Hand das Zentrum liegt, einen Winkel, der grösser ist als ein rechter oder 8 Strich. Die Grösse des Winkels schwankt zwischen den Extremen 8 und 12 Strich, nimmt man daher den Mittelwert 10 Strich an, so wird man annähernd die Lage des Zentrums bestimmen können. Haben wir z. B NO-Wind beobachtet, so liegt das Zentrum ungefähr in SSO.

Bei der Bestimmung der Lage des Zentrums muss auf folgendes besonders geachtet werden, wenn nicht unangenehme Täuschungen eintreten sollen:

1. Wenn das Zentrum fern, ist und die cyklonalen Winde sich noch nicht recht entwickelt haben, pflegt ihre Konvergenz grösser zu sein; sie sind dann vielfachen Unregelmässigkeiten und lokalen Einflüssen unterworfen.

2. In den Böen zeigt die Windfahne gewöhnlich ein Ausschiessen um mehrere Strich nach rechts.

3. In dem Masse wie die Stärke des Windes mit der Nähe des Zentrums wächst, werden die Windrichtungen weniger konvergent. Dies ist der in diesem Teile des Wirbels sich besonders Geltung verschaffenden Zentrifugalkraft zuzuschreiben und vielleicht auch dem Einfluss der Böen, die sich hier unaufhörlich Geltung verschaffen.

4. Auf der Insel Cuba zeigen die cyklonalen N- und NNO-Winde kaum eine Konvergenz.

5. Wenn der Passat den cyklonalen Wind verstärkt, so modifiziert er gleichzeitig seine Konvergenz, und zwar hebt er sie oft ganz auf oder aber er vermehrt sie, und zwar zuweilen dergestalt, dass bei NO-Wind das Zentrum in S liegen kann.

b) Untere Wolken. Die untern Wolken haben eine Bewegungsrichtung, die nahezu zu der Richtung, in der das Zentrum liegt, senkrecht steht. Der Wolkenzug ist viel regelmässiger als die Windrichtung und

giebt deshalb für die Auffindung des Zentrums einen sichern Anhalt. Unter untern Wolken versteht Verf. schwere Cumulus von dunkler Farbe, Strato-Cumulus und Fracto-Nimbus, Wolkenformen, die sich im Innern des Wirbels mit grosser Geschwindigkeit bewegen. Die früher erscheinenden Fracto-Cumulus sind höher und weniger dicht, sie pflegen schon Divergenz zu zeigen.

c) Mittelhohe Wolken. Die Alto-Cumulus, Cirro-Stratus und Cirrus entströmen dem Zentrum divergent, ihre Divergenz ist um so grösser, je höher die Wolkenform ist. Den kleinern Winkel beschreibt deshalb der Cirro-Cumulus und den grössern der Alto-Cumulus, zwischen beiden liegt der Winkel des Alto-Stratus.

Es muss bemerkt werden, dass die Richtungsunterschiede, welche die einzelnen Formen unter sich und mit der Lage des Zentrums bilden, weit davon entfernt sind, konstant zu sein. Es hängt die Trennung der einzelnen Schichten und die Regelmässigkeit ihrer Verteilung von dem Grade der Entwickelung des Sturmfeldes, der grössern oder geringern Höhe und der Aktivität des Wirbels ab. Es wird deshalb in einer voll entwickelten Cyklone grosser Intensität, auch die grösste Regelmässigkeit in der Verteilung der Schichten und der Grösse der betreffenden Winkel herrschen. Hier zeigen die Winkel ungefähr folgende Grössenverhältnisse: Der Richtungsunterschied zwischen der Zugrichtung des Alto-Cumulus und der Richtung, in der das Zentrum liegt, beträgt 6 Strich, bei dem Alto-Stratus 4 Strich und bei dem Cirro-Cumulus 2 Strich.

d) Obere Wolken. Die von allen Wolkenformen höchsten zarten Cirrus zeigen die vollständigste Divergenz, sie entströmen dem Zentrum radial, bilden also mit diesem einen Winkel von 0^0 oder einen für die Praxis nicht abschätzbaren Winkel.

Der Zug der Cirrus-Wolken ist am regelmässigsten, er beschreibt mit dem der niedern Wolken einen rechten Winkel.

Nach dem Gesagten zeigen in einer Cyklone die Cirrus und die untern Wolken die grösste Regelmässigkeit. Der Cirrus-Zug wird daher von grösstem Nutzen sein, um ein noch weit entferntes Zentrum seiner Lage nach festzustellen, im Innern des Sturmfeldes aber wird dem Beobachter die Zugrichtung der untern Wolken den besten Anhaltspunkt geben. Hat man die Gelegenheit zur Beobachtung des Cirrus-Zuges nicht gehabt, so wird man auf den Zug des Cirro-Cumulus und des Alto-Stratus zurückgreifen und erst zuletzt mit der Windrichtung oder der Zugrichtung des Alto-Cumulus rechnen und sich vergegenwärtigen, dass sich aus diesen Elementen ein sicherer Schluss auf die Lage des Zentrums nicht machen lässt. In einer gut entwickelten und intensiven Cyklone, deren Zentrum sich in SSO befindet, ziehen die Cirrus aus SSO, die Cirrus-Cumulus aus SO, die Alto-Stratus aus OSO, die Alto-Cumulus aus O, die niedrigen Wolken aus ONO, und der Wind ist NO.

4. Rückseite der Cyklone. An der Rückseite der Cyklone, der Region der Südwinde, unter die die Richtungen zwischen OSO, S und WSW zu zählen sind, beobachtet man, dass alle in cyklonaler Bewegung begriffenen Elemente mit der Richtung, in der das Zentrum liegt, im allgemeinen grössere Winkel beschreiben, als dies an der Vorderseite der Fall ist, jedoch zeigen die Elemente der untern Schichten meist eine grössere Konvergenz, die obern aber eine geringere Divergenz.

In einer Cyklone, deren Zentrum sich im NW des Beobachters befindet, ist der Wind SSO oder S, die untern Wolken kommen aus S oder SSW, die Alto-Cumulus aus SW, die Alto-Stratus aus WSW, die Cirro-Cumulus aus W und die Cirrus aus WNW.

5. Die Cyklone in mittlern Breiten. In dem Masse, wie sich die Cyklone von der Tropenzone entfernt und sich in eine Cyklone mittlerer Breite verwandelt, verlieren die cyklonalen Elemente ihre Regelmässigkeit, wenngleich sich durchgängig mit der Höhe die Abweichung der Richtung der Elemente von der Richtung des Zentrums erhält. So zeigt zuweilen

der Cirrus in den Staaten am Golf von Mexiko ein ganz abweichendes Verhalten. Hat das Zentrum der Cyklone z. B. seine Lage im NW oder NNW, so kann es vorkommen, dass der Cirrus plötzlich aus NO kommt. In diesem Falle glaubt Verf., dass die Cirrus-Richtung sich als eine Komponente der obern Luftströmung der Cyklone und des herrschenden Windes, der in dieser Jahreszeit östliche Richtung hat, darstellt.

Als Wirkungen der cyklonalen Thätigkeit will Verf. noch einige allgemeine Phänome aufzählen, die in der Praxis wirksame Hilfe für die Entdeckung der Cyklone, die Lage des Zentrums, den Durchmesser und die Intensität u. s. w. sein können. Solche Erscheinungen sind: Cirrus-Schleier, Form und Konvergenz der Cirrus und Alto-Cumulus, die Wolkenbank des Orkans, Höfe um Sonne und Mond und selbst um Sterne erster Grösse, Färbung des Himmels beim Aufgange und Untergange der Sonne — feuriges, dunkles Rot und Violett — u. s. w. Er verweist auf die »Apuntes relativos á los Huracanes de las Antillas«, in denen diese Erscheinungen eine ausführliche Besprechung erfahren haben.

Bahnen und Zonen der Orkane. 1. Gestalt der Bahn. Von ihrem Ursprungsorte bewegt sich die Cyklone zunächst in westlicher Richtung, wendet sich allmählich nordwärts und biegt dann nach NO oder ONO um. Die ganze Bahn stellt daher eine Art Parabel dar, deren Scheitelpunkt nach W liegt, und deren Äste nach östlicher Richtung zeigen. Die Achse der Parabel ist demnach nach O gerichtet mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Neigung nach NO.

Zu Anfang der Orkanzeit, Ende Mai oder Anfang Juni, schlagen die Cyklonen einen Weg durch sehr niedrige Breiten ein, sie biegen daher schon 6—8° südlich des Wendekreises um, und in dem Masse, wie die Orkanzeit vorrückt, rücken auch die Scheitelpunkte der Bahnen schnell vorwärts, so dass sie in der zweiten Dekade des Juni schon den Wendekreis erreichen und Ende Juni bereits 2—3° über den Wendekreis hinaus sind. Von nun an rücken die Scheitelpunkte nur noch langsam nach N vor, weil sie sich schon dem Maximum der Breite, das sie erreichen können, nähern, im ganzen Monate Juli gewinnen sie nur 2—3°. Endlich zwischen dem 15. und 25. August erreichen die Scheitelpunkte zwischen 30 und 33° ihre höchste Breite. Nach dem Erreichen des Maximums der Breite wandern die Scheitelpunkte, in derselben Weise wie sie das Maximum erreicht haben, zurück. Die Lage der Scheitelpunkte des September kommt denen des Juli gleich, und die des Oktober denen des Juni, so dass die erste Dekade des Oktober der dritten Dekade des Juni u. s. w. entspricht.

Zeitpunkte des Umbiegens der Cyklone:	Breite des Scheitelpunktes:
August	29—33°
Juli und September	27—29°
Juni dritte Dekade, Oktober erste Dekade .	23—26°
Juni zweite Dekade, Oktober zweite Dekade	20—23°
Juni erste Dekade, Oktober dritte Dekade .	16—20°

Die jährliche Oszillation in der Breite beträgt daher für die Scheitelpunkte der Sturmbahnen ungefähr 18°. Diese Schwingung vollzieht sich kontinuierlich regelmässig und symmetrisch, so dass sie durch eine regelmässige, symmetrische und stetige Kurve dargestellt werden kann. Daraus folgt, dass, abgesehen von den Endwerten, Mittelwerte in der Tabelle angegeben sind, also Werte, welche sich auf die Mitte der betreffenden Zeiten beziehen. Würde man daher für den 31. August den Scheitelpunkt der Bahn in 29—33° annehmen, während man für den 1. September 27—29° annähme, so würde dies dem Sinne der Tabelle nicht entsprechen.

2. Rückbiegung. a) Nutzen des Gesetzes für die Theorie. Das gesetzmässige Zurückbiegen der Cyklone hat augenscheinlich innige Beziehungen zu der Deklination der Sonne und zu den verschiedenen Lagen, welche je nach der Jahreszeit, die äquatorialen Stillen- und Regengürtel, die Passat-

region und die Zone der Anticyklone des Atlantischen Ozeans einnehmen. Ferner steht es in Beziehung zu dem Wechsel der Richtung, den die obere allgemeine Luftströmung in dem Tropengürtel erleidet. In der That kommt der obere Luftstrom, wenn man von der Zeit der Orkane absieht, während des ganzen Jahres in Habana aus westlicher Richtung. In der ersten Hälfte des Juni und der ganzen zweiten Hälfte des Oktober aber hat der Cirrus-Zug eine südliche und südwestliche Richtung, eine Richtung, aus der in jenem Abschnitte des Jahres die Cyklone kommen. Von Ende Juni bis Anfang Oktober hat die obere Luftströmung eine östliche Richtung, und dies ist der einzige Zeitabschnitt des Jahres, in dem die Cirrus-Wolken von dieser Seite her kommen. Diese Thatsache ist, in Verbindung mit den Zugstrassen, sehr bezeichnend, weil gerade in dieser Jahreszeit, wenn irgend ein Sturmzentrum in Habana landen will, er notwendig von Osten kommen muss; da aber die Biegung der Cyklone im Norden des Wendekreises liegt, so muss notwendig der erste Ast der Bahn die Insel kreuzen.

Im ganzen übrigen Jahre kommen die Cyklonen, welche Habana oder die Gegenden um Habana passieren, mehr oder weniger aus Westen und keine von Osten. Die Cyklonen müssen daher auf ihren Zugstrassen durch die obern Luftströmungen vorwärts getrieben werden.

Das Gesetz über die Rückbiegung der Cyklonen steht weiter in Beziehung zu der grössern und kleinern cyklonalen Aktivität in den Meeren der Antillen in den verschiedenen Monaten.

Das Maximum und Minimum der Breite, welche die Scheitelpunkte der Bahnen erreichen, entspricht einem Maximum und Minimum cyklonaler Thätigkeit. In der zweiten Hälfte des August sind die Orkane im allgemeinen am zahlreichsten und heftigsten. Ihre Fortbewegung auf den Zugstrassen ist am schnellsten, ihr Scheitelpunkt erreicht die grösste Breite, und ihre parabolische Bahn ist am gestrecktesten. Wenn die herrschenden Winde die Cyklonen in ihrer Bahn fortbewegen, so entspricht dies der Beobachtung, dass sie in jener Jahreszeit auch ein Maximum der Aktivität erreichen und in höhere Breiten hineinreichen. Die letzte Hälfte des August und der Anfang des September ist auch die Zeit der gleichzeitigen oder Zwillingscyklonen; von solchen befanden sich im Jahre 1886 in der letzten Dekade des August gleichzeitig vier Cyklonen in der Nähe von Habana, eine auf der Insel im OSO, eine andere im NO und zwei im Golfe von Mexiko. Ausser dieser Zeit kommen Zwillingscyklonen um Habana herum nur selten vor, es wurden im ganzen beobachtet eine im September und zwei andere im Oktober.

Im Juli und September sind die Cyklonen im allgemeinen weniger zahlreich und weniger intensiv, sie durchlaufen ihre parabolische Bahn, die mehr geschlossen, also stärker gekrümmt ist, mit geringerer Geschwindigkeit.

Endlich im Juni werden so wenig Cyklonen beobachtet, dass sie kaum hinreichen, das Gesetz festzustellen. Etwas zahlreicher, aber doch sparsam, sind sie im Oktober; einige davon sind ziemlich intensiv, sie durchlaufen den ersten Ast ihrer Bahn und die Biegung mit geringer Geschwindigkeit.

b) Wert des Gesetzes für die Praxis. Dieses Gesetz giebt mit grosser Wahrscheinlichkeit und hinreichender Näherung in der einfachsten Weise die Breiten der Biegungen (Scheitelpunkte) der Cyklonen als eine Funktion der Zeiten, und wenn sich mit diesem Gesetze einige Kenntnis des folgenden Gesetzes vereint, das über die normale Richtung der Zugstrassen in den verschiedenen Monaten und Breiten handelt, und das innig mit dem Gesetze der Rückbiegung verknüpft ist, so wird ein Seemann in ihnen eine wirksame Hilfe für seine zu treffenden Manöver und ein Beobachter einen festen Anhaltspunkt für seine Studien und Prognosen haben.

In dem Augenblicke, in dem ein Beobachter oder ein Seemann die Nähe einer Cyklone erkennen, werden sie dadurch, dass sie annähernd die Lage des Wirbels bestimmen und den Zeitpunkt in Rücksicht ziehen, mit grosser Treffwahrscheinlichkeit wissen, ob die Cyklone sehr nahe oder sehr

fern von dem Scheitelpunkte ihrer Bahn ist. Da sie ferner die normale Zugstrasse in jener Zeit und jener Breite kennen, so werden sie urteilen können, ob sie sich in der Zugstrasse der Cyklone selbst befinden oder rechts oder links von ihr.

c) Einfluss der geographischen Länge auf die Rückbiegung. Die Länge, für sich und unabhängig von jeder andern Ursache betrachtet, hat der Meinung des Verf. nach keinen Einfluss auf das Zurückbiegen der Orkane der Antillen. Von den August-Orkanen biegen einige im N von St. Domingo, andere im N der Bahama-Insel, andere im Golfe von Charleston und andere endlich in Louisiana und der Küste von Texas zurück. Die Zentra der Orkane des September haben ihre Biegungen im NO von Cuba, in Florida, im W von Florida und in den Gegenden um die Küsten von Texas. Von den Orkanen des Oktober ist einer bekannt, der im NO von Portorico zurückbog; der »der grosse Orkan« benannte Orkan vom 12.—18. Oktober 1870 bog in der Nähe des Wendekreises im N von St. Domingo um, und wieder andere bogen im S oder im westlichen Teile der Insel Cuba oder aber im östlichen Teile des Golfes von Mexiko zurück.

d) Einfluss der Konfiguration der Meere und der Kontinente auf die Rückbiegung. Die Lage der Meere und Kontinente scheint auf die Zurückbiegung der Cyklonen von Einfluss zu sein, weil sich leicht beobachten lässt, dass ein grosser Teil der August-Cyklonen im Golfe von Charleston zurückbiegt, ohne in den Kontinent einzudringen, und viele Cyklonen des Juli und September an der Küste von Texas umbiegen. Es mag noch bemerkt werden, dass die ältern Autoren annahmen, dass die Stürme in ungefähr 30° zurückbiegen. Diese Annahme ist von der Wahrheit nicht weit entfernt, biegen doch die August-Cyklonen in 29—33° zurück, und diese stellen nicht nur die grösste Zahl der Cyklonen dar, sie entsprechen auch dem Maximum cyklonaler Aktivität. Die Cyklonen des Juni und Oktober sind verhältnismässig klein an Zahl, und die Alten haben sie gewiss als Anomalien des für die Stürme allgemein gültigen Gesetzes aufgefasst.

3. Normale Richtung der Orkanbahnen. Der Kürze wegen hat Verf. das Gesetz, welches die Beziehungen zwischen Zeit, Breite und normaler Richtung der Orkanbahn zum Ausdrucke bringt, in einer Tabelle dargestellt. Für den Gebrauch der Tabelle mögen folgende Erläuterungen hier Platz finden:

Die Ziffern geben die Breite an, in der sich das Zentrum befindet, die Überschrift der einzelnen Spalten giebt die normale Zugrichtung in der betreffenden Zeit und Breite. — Z. B.: In der ersten Zeile steht der Monat August und in der ersten Spalte die Zahl 10, die Überschrift der ersten Spalte ist W; dies bedeutet: Wenn sich ein Sturmzentrum im August in 10° nördl. Br. befindet, so ist seine normale Bahn W.

In derselben Zeile befinden sich in der zweiten Spalte die Zahlen 15 bis 20, die Überschrift dieser Spalte ist WNW, dies heisst: Wenn sich eine Cyklone im August in 15—20° Breite befindet, so ist ihre normale Bahn WNW. Endlich stehen noch einzelne Zahlen gerade in den Linien, welche die Spalten voneinander trennen; wir geben noch ein Beispiel, um auch den Gebrauch dieser Zahlen klarzulegen. In der Zeile für den August steht in der Linie zwischen Spalte 1 und 2 die Zahl 15; dies will sagen: Wenn im August sich ein Sturmzentrum in 15° Breite befindet, so ist seine normale Bahn zwischen W und WNW oder WzN. Nun muss man zugestehen, dass das in der Tabelle dargestellte Gesetz, so innig seine Beziehung zu dem Gesetze der Rückbiegung auch sein mag, und so gross sein Nutzen für die Praxis ist, doch nur Näherungswerte giebt; eine exaktere Fassung war bisher nicht erreichbar. Dies hindert nicht, dass es in vielen Fällen eine grosse Wahrscheinlichkeit ermöglicht, wie Verf. dies schon an Beispielen zeigte.

Normale Richtung der Orkanbahnen zu den verschiedenen Zeiten und in den verschiedenen Breiten.

Datum	Richtung							
	W	WNW	NW	NNW	N	NNO	NO	ONO
August nördl. Br.	10 15	15—20 20—25	25—27	28	29—33	34	35—40	—
Juli . . . . . . September . . .	10 15	15—24	25	26	27—29	30	32 33—35	35—40
Juni 3. Dekade . Okt. 1. „ .	10 15	15—20	21	22	23—26	27 28	29 30	31—40
Juni 2. „ . Okt. 2. „ .	10	12—14	15—16 17	18—19	20—23	24 25	26—30	—
Juni 1. „ .	?	?	?	?	?	?	?	?
Okt. 3. „ .	10 12	13	13—14	15	16—20	22 23	24—30	—

Breite des Zentrums

Die Schwierigkeit, dies Gesetz in eine exaktere Form zu bringen, entspringt aus der Art und Weise, wie das Gesetz der Rückbiegung festgelegt werden konnte. In diesem zweiten Gesetze konnten wir die Rückbiegung in den verschiedenen Monaten und Dekaden nur auf 3 und 5° genau angeben. So schwankt z. B. im August die Breite, in der ein Zentrum umbiegt, zwischen 29 und 33°, es ist daher klar, dass die normale Zugstrasse in der Nähe des Scheitelpunktes der Parabel bei einem Orkane, der in 29° umbiegt, eine andere sein muss als bei einem zweiten, dessen Rückbiegung in 33° vor sich geht.

Die normalen Richtungen der Orkanbahnen, welche sich für die verschiedenen Monate und Breiten ergeben, haben eine grosse Wahrscheinlichkeit für sich, so lange der Orkan die Richtung W, WNW und NW innehält, er sich also in den Breiten befindet, welche in den drei ersten Spalten der Tabelle stehen; wenn er aber die Richtungen NNW, N und NNO einschlägt, und er daher seiner Rückbiegung nahe ist, so kann die Richtung der Zugstrasse nach dem soeben Gesagten bemerkenswerte Abweichungen zeigen.

Nach dem Gesetze der normalen Richtungen der Orkanbahnen müssen die Bahnen des August Parabeln mit steilen Ästen darstellen, während die parabolischen Bahnen des Juli und des September und die der dritten Dekade des Juni und der ersten Dekade des Oktober schärfere Biegungen und daher weniger steile Äste haben, das hindert aber nicht, dass der zweite Ast der normalen Richtung folgt, wie das häufig vorkommt; in einem solchen Falle ist die Achse der Parabel nach NOzO oder nach ONO gerichtet.

4. Orkanzonen. Die beiden vorigen Gesetze sind von einer solchen Allgemeinheit, dass man sie anwendet, wie wir gesehen haben, zur Bestimmung der mehr oder weniger im O oder W gelegenen Zugstrassen. Nichts sagte Verf. bisher über die allgemeinen Wege, denen die Cyklonen thatsächlich folgen, oder von den geographischen Zonen, welche die allgemeinen Lagen der Zugstrassen in den verschiedenen Monaten in dem mit grossem Rechte von Everett Hayden »Nordamerikanische Bucht« genannten Meeresabschnitte begrenzen. Aus den beiden Gesetzen folgt, dass jede August-Cyklone durch 27° Breite hindurchgeht, aber es ist nicht gesagt, dass eine von diesen Cyklonen Habana durchquert habe, das doch in 23° Breite liegt. Ebenso folgt, dass gewöhnlich jede Oktober-Cyklone zwar durch die Breite von 18° hindurchgeht, es aber äusserst selten vorkommt, dass eine solche Portorico durchzieht, welches doch in dieser Breite liegt. Diese Thatsache ist so lange bekannt, dass die hohe Geistlichkeit seit undenklicher Zeit angeordnet hat, dass die Priester in die Messe das Gebet: »Ad repellendas tempestates« in Portorico für die Monate August und September, aber nicht für den Oktober, und in Cuba für die Monate September und Oktober, aber nicht für den August, aufgenommen haben. Dies beweist, dass die hohe Geistlichkeit aus Erfahrung die Thatsache kennt, dass die

Cyklonen des Oktober für die Insel Cuba sehr gefährlich sind, während die des August es nicht sind, und dass für Portorico im Gegensatze dazu die Orkane des August verhängnisvoll sind, während im Oktober dort von einem Orkane nur sehr selten die Rede ist. Diese durch die Erfahrung wohlverbürgte Thatsache lässt ein allgemeines Gesetz mutmassen, welches die geographische Lage der Zugstrassen mit dem Vorrücken der Jahreszeit in Beziehung bringt.

Verf. versucht, dieses Gesetz zu entdecken und in die denkbar exakteste Form zu bringen; es wird den Seeleuten von höchstem Nutzen sein, weil es die Orte der voraussichtlich grössern Gefahr für die verschiedenen Monate kennzeichnen wird.

Zunächst muss man zugeben, dass die Länge, an sich und unabhängig von andern Ursachen betrachtet, keinen Einfluss auf die Rückbiegung der Cyklonen auszuüben scheint; dasselbe wird man auch von der normalen Richtung der Zugstrassen zu den verschiedenen Zeiten und in den verschiedenen Breiten sagen können. Keineswegs aber gilt dies für die geographische Verteilung der Meere, Inseln und Festländer, weil diese nicht nur auf die Rückbiegung, sondern auch auf die Ursprungsstätten der Cyklonen, je nach dem Vorrücken der Jahreszeit, einen Einfluss geltend macht. Sie muss also auch auf die allgemeinen Wege, die die Cyklonen in den verschiedenen Monaten in bestimmte Gebiete hinein einschlagen, von Einfluss sein. Die geographischen Zonen, denen im allgemeinen die Orkane zu bestimmten Zeiten und in bestimmte Gebiete hinein folgen, ändern keineswegs die beiden andern früher aufgestellten Gesetze — es sind dies allgemeinere Gesetze — im Gegenteil, jene allgemeinen Gesetze können gegebenenfalls auf den allgemeinen Verlauf der Cyklonen in den verschiedenen Monaten zur Anwendung gebracht werden.

Die tropischen Cyklone bilden sich nicht ohne Unterschied an irgend welchem Orte des Tropengürtels, sie wählen vielmehr mit Vorliebe zu ihrer Bildung und Entwickelung ganz bestimmte Gegenden dieser Zone. Die Cyklonengegenden der Tropen vereinen in sich in mehr oder weniger ausgeprägter Weise folgende geographische Bedingungen: An grosse, an Meerbusen und Buchten reiche Festlandsmassen im Westen, deren Küsten von N nach S verlaufen, schliessen sich im O weite, ausgedehnte Meere, die mit Inseln übersät sind. Diese Bedingungen sind mehr oder weniger vollständig in den Cyklonengegenden der Philippinen und der Chinasee, der Meere Indiens und, auf der südlichen Hemisphäre, des südlichen Ostafrika mit den benachbarten Inseln Madagaskar, Mauritius, Réunion, Rodriguez u. s. w. erfüllt. Von allen Cyklonengegenden der Tropenzone ist aber keine vollkommener, und trägt keine die geographischen Bedingungen für die Bildung und Entwickelung der Cyklonen so zur Schau, wie die grosse nordamerikanische Bucht mit ihrem weiten Atlantischen Ozeane, der sich im O bis an die Küste Afrikas und im NW bis an die Küsten Europas und bis in die nördlichen Meere hinein ausdehnt. Dies trägt viel, wie es scheint, zu der Grösse und Regelmässigkeit der ungeheuren Zugstrassen der Cyklonen der Antillen bei. Eine August- oder September-Cyklone kann sich in der Nähe der Kap Verdischen Inseln an der Westküste Afrikas oder östlich von den Kleinen Antillen bilden, den Atlantischen Ozean in dem ersten Ast ihrer Bahn durchqueren und im Golfe von Charleston oder an der Küste von Texas umbiegen. Im zweiten Falle wird sie durch die Vereinigten Staaten in der Richtung auf das Kap Hatteras ihren Weg nehmen und dann mit neuen Kräften und wachsender Geschwindigkeit den Atlantischen Ozean von neuem in nordöstlicher Richtung durchkreuzen, um entweder Europa zu erreichen oder sich in den nördlichen Meeren auszufüllen. Und wir haben eine Menge solcher Cyklonen, welche Zugbahnen von vielen Tausenden von Meilen mit staunenswerter Regelmässigkeit und den allgemeinen Gesetzen unterthan beschreiben. Das ist wahrhaft überraschend und wunderbar. Verf. glaubt nicht, dass es auf Erden eine andere Region giebt, die Cyklonen aufweist, welche sich mit denen der Antillen

oder besser gesagt der grossen nordamerikanischen Bucht messen können. Es wird sich auch in dem ganzen Tropengürtel keine Bucht finden, die grossartiger und geeigneter wie jene wäre, sei es für die Entwickelung, sei es für die Vorwärtsbewegung der wandernden Sturmzentra.

Die grosse nordamerikanische Bucht schliesst den Teil des Atlantischen Ozeans in sich, der im W des 55.⁰ westl. L. v. Gr. liegt, sie reicht also von Neu-Fundland bis Holländisch-Guyana und wird begrenzt im O durch den genannten Meridian, und im N, W und S von den Küsten Neu-Fundlands und des St. Lorenz-Golfes, von der Atlantischen Küste und der des Golfes von Mexiko und von dem Küstenstriche von Yukatan bis Holländisch-Guyana. Sie schliesst in sich ein die Antillen, das Karibische Meer, den Golf von Mexiko, die Bahama-Inseln, die Bermudas und die Golfe von Charleston und St. Lorenz.

Der südliche Teil dieser grossen Bucht, d. h. das Antillen-Meer und der Teil des Atlantischen Ozeanes, der sich östlich der Antillen erstreckt, ist die Bildungs- und Entwickelungsstätte der Orkane. Dort bilden sich die Cyklonen, je nach der Lage der äquatorialen Kalmenzone, des Hochdruckgebietes des Atlantischen Ozeanes und folglich auch der südlichen Passatgrenze etwas mehr nördlich oder südlich und ganz besonders mehr östlich oder westlich. Die Lage der Ursprungsstätte der Orkane hängt von der mehr oder weniger vorgerückten Jahreszeit ab. Die Änderung der Lage des Kalmengürtels des Hochdruckgebietes des Atlantischen Ozeanes und der südlichen Passatgrenze wird veranlassen, dass sich die Ursprungsstätte der Cyklonen von O nach W oder aber quer über den Atlantischen Ozean von den Kap Verdischen Inseln bis an die Küsten von Honduras und Yukatan und bis an den östlichen Teil des Golfes von Mexiko vorschiebt. Es folgt daraus, dass die Geburtsstätte der Sturmzentra die Änderung in dem Zeitraume von $2^1/_2$ Monaten, von Mitte August (dem Maximum der cyklonalen Thätigkeit und der Breite für die Rückbiegungen) bis Ende Oktober oder aber im umgekehrten Sinne von Anfang Juni bis Mitte August erfährt.

Mitte August, wenn das Hochdruckgebiet des Atlantischen Ozeanes sich in 30—35⁰ Breite befindet, und der Passat der nördlichen und südlichen Hemisphäre sich an der afrikanischen Küste in Südwestmonsume verwandelt hat, bilden sich in einem Gebiete niedern Luftdruckes im S der Kap Verdischen Inseln die Cyklonen. Um diese Zeit dehnen sich die Isobaren des Hochdruckgebietes des Atlantischen Ozeanes im SW bis nach Cuba und bis in das Karibische Meer aus; es können daher an dieser Seite keine Cyklone entstehen.

Im Monat September lehnen sich die das Hochdruckgebiet des Atlantischen Ozeans umgrenzenden Isobaren an Afrika und reichen bis gegen den O der Antillen, lassen aber das Karibische Meer frei. Die Cyklonen bilden sich nun im O der Kleinen Antillen. In der ersten Dekade des Oktober verändern sich die Umstände wenig, nur einige wenige Cyklonen bilden sich schon weiter nach W im östlichen Teile des Karibischen Meeres. In der zweiten und dritten Dekade des Oktober lässt schon die Isobare von 762 *mm*, welche das Hochdruckgebiet des Atlantischen Ozeans und des amerikanischen Festlandes umschliesst, das westliche Karibische Meer im S der Insel Cuba und einen Teil des Golfes von Mexiko frei. Es bilden sich dort Gebiete niedern Druckes aus, welche in jener Jahreszeit zur Ursprungsstätte für Cyklonen werden, die für die Westhälfte von Cuba verhängnisvoll sind.

Die Monate Juli und Juni sind nicht vollkommen den Monaten September und Oktober analog. Im Juli greift in manchen Jahren das Hochdruckgebiet bis auf das Karibische Meer über, dann pflegen keine Cyklonen im Juli aufzutreten; in andern Jahren bleibt die das Hochgebiet umschliessende Isobare weiter nördlich, so dass das Antillen-Meer frei wird, und in diesem Falle bilden sich in derselben Gegend wie im September Cyklonen. Sie unterscheiden sich von denen des September nur dadurch, dass sie in etwas niedrigern Breiten bleiben.

Die Orkane der dritten und der zweiten Dekade des Juli verhalten sich wie die der ersten und zweiten Dekade des Oktober. Die wenigen in der ersten Dekade des Juni auftretenden Sturmfelder kommen von den östlichen Kleinen Antillen, ziehen in niedrigerer Breite und erreichen Mexiko, wo sie, ohne den zweiten Ast zu entwickeln, verschwinden. Oft vergehen viele Jahre, ohne dass Orkane im Juni auftreten, zeitweilig aber verwüsten die Sturmfelder den S und S W von Habana durch grosse von ihnen hervorgebrachte Überschwemmungen.

a) August. Wie schon gesagt, entstehen die Cyklonen des August gewöhnlich weit im O in der Nähe der Kap Verdischen Inseln. Die Zugstrasse ist anfangs rein westlich, ganz allmählich neigt sie sich nordwärts, in den Kleinen Antillen aber hat sie schon westnordwestliche Richtung. Bei Portorico ist die geographische Zone der August-Cyklonen, die ihre Zugstrassen einnehmen, bereits von einer Breite von ungefähr 450 Meilen, von denen ungefähr 100 Meilen südwärts und 350 Meilen nordwärts der Insel liegen. In der Nähe Cubas erstreckt sich diese geographische Zone vom Kanal Viejo der Bahama-Inseln bis etwa 500 Meilen im N O. Die Rückbiegungen dieser Cyklonen umfassen eine Zone von 29—33° Breite, die gewöhnlich von den Meridianen von New-Orleans und Puerto Plata auf St. Domingo (90—70° westl. v. Gr.) begrenzt wird. Der am meisten aufgesuchte Teil dieser Zone liegt zwischen dem Golfe von Charleston und 300—400 Meilen östlich davon. Die Breite der Zone, welche die Zugstrassen in der Rückbiegung einnehmen, wird um so grösser, je mehr die Cyklonen nach N O vorrücken. Dies gilt auch allgemein für die andern Monate.

b) September. Die Orkane des September treten gewöhnlich in das Antillen-Meer zwischen Barbados und St. Thomas ein, einige nehmen aber ihren Weg noch bis mehr als 200 Meilen nördlich von St. Thomas. Die Breite der Zone beträgt in der Nähe von St. Thomas 400—450 Meilen. Ein Schnitt durch diese Zone und durch das zentrale Cuba ergiebt eine Breite von 550—600 Meilen, d. i. eine Breite von einer im N zu der Richtung der Bahama-Inseln gelegten Parallele von 250—300 Meilen im S von Cuba. Die Zone für die Rückbiegung erstreckt sich von Texas bis wenigstens zum Meridian von Punta Maisi, der Ostspitze von Cuba (98—74° westl. L. v. Gr.)

c) Juli. Die Cyklonenbahnen des Juli sind denen des September ähnlich, nur dass sie in niedern Breiten liegen. Sie durchkreuzen das Karibische Meer, biegen an der Küste von Texas um und sind weniger zahlreich als die des September; ihre geographische Zone ist auch viel schmaler.

d) Juni dritte Dekade und Oktober erste Dekade. Diese Orkane entstehen entweder im Gebiete der östlichen Kleinen Antillen oder aber im östlichen Teile des Karibischen Meeres; sie verlaufen gewöhnlich nahe der Insel Cuba, durchkreuzen sie in ihren westlichen Provinzen oder den Kanal von Yukatan, um in einer Breite von 23—26° umzubiegen. Die Zone der Rückbiegung liegt gewöhnlich zwischen dem Meridian von Matanzas und dem von Kap Catoche, der Nordostspitze von Yukatan.

e) Juni und zweite Dekade des Oktober. Im S der Insel Cuba, gewöhnlich im SO von Habana, und in der Nähe der zentralamerikanischen Küste bilden sich diese Orkane. Sie biegen in 20—23° um und durchziehen mit ihrem zweiten Aste gern das westliche Cuba zwischen Matanzas und Pinar del Rio.

Die Cyklonen 4 und 5 sind sehr gefürchtet. Besonders schwer sind sie für die Westhälfte von Cuba, weil sie die Insel in ihrer Biegung oder doch bald nach dem Umbiegen erreichen und daher lange auf ihr bleiben. Einige von ihnen haben 4, 5 ja sogar 6 Tage gewütet und grosse Verwüstungen und furchtbare Überschwemmungen verursacht.

f) Dritte Dekade des Oktober. Diese Cyklonen bilden sich an der Küste von Zentralamerika, sie durchlaufen mit ihrem zweiten Aste und wachsender Geschwindigkeit die Insel Cuba. Ihrer Zerstörungen wegen

werden sie sehr gefürchtet und auch deshalb, weil man sehr aufpassen muss, wenn man sie rechtzeitig entdecken will. Gewöhnlich ist, dass, wenn ihr Kommen entdeckt ist, sie auch schon da sind.

5. Der Wert der Orkanzonen für die Praxis. Das Gesetz, das Verf. soeben entwickelt, giebt den Seeleuten die gefährlichsten Zonen in der der Orkanzeit an, sie können diese also nach Möglichkeit vermeiden. Müssen sie durch sie hindurch, so ist die nächste Sorge darauf zu richten, festzustellen, ob der Weg vom Feinde frei ist oder nicht. Muss man auf solchen Strassen fahren, so muss auf die ersten Anzeichen für einen Orkan geachtet werden, um dann rechtzeitig Massregeln zu ergreifen.

6. Geschwindigkeit der Bewegung der Orkane in den verschiedenen Teilen ihrer Bahn. Man kann die Zugstrasse eines Orkans in drei Teile zerlegen: in den ersten Ast, die Biegung (Scheitelpunkt) und den zweiten Ast. Das Gesetz selbst lautet: In dem ersten Aste von seinem Ursprunge bis in die Nähe der Biegung beschleunigt der Orkan seine Geschwindigkeit. In der Nähe der Biegung nimmt die Geschwindigkeit allmählich ab, so dass sie im Scheitelpunkte ihr Minimum erreicht; nun wächst die Geschwindigkeit im zweiten Aste wieder schnell an und ist bestrebt, ein Maximum von 30 und 40 Meilen in der Stunde zu erreichen.

So oft man eine bemerkenswerte Anomalie in der Geschwindigkeit der Fortbewegung einer Cyklone beobachtet, kann man auf eine Unregelmässigkeit in der Zugstrasse oder auf eine Abweichung von der normalen Richtung oder aber auf eine Anomalie in der Zurückbiegung derselben gefasst sein. Jene Anomalien finden statt, bei gleichzeitigen oder Zwillingscyklonen.

7. Geschwindigkeiten der Bewegung der Orkane in der Biegung. Die Geschwindigkeit der Bewegung in den Biegungen hängt davon ab, ob die parabolischen Bahnen mehr oder weniger offen oder geschlossen sind. Verf. giebt dem Gesetze die Fassung: In offenen parabolischen Bahnen nimmt die Geschwindigkeit in der Biegung nur wenig ab, während in den geschlossenen Bahnen die Cyklonen im Scheitelpunkte fast ganz zum Stillstehen kommen. Die Cyklone mit sehr offener parabolischer Bahn, welche am 17. August 1879 etwas nördlich des Kanals von Florida im Golfe von Charleston zurückbog, behielt im Scheitelpunkte eine Geschwindigkeit von 14 Meilen per Stunde. Solche Beispiele lassen sich noch viele anführen. Im Gegensatze dazu stand die Cyklone, welche in der Nacht vom 7. zum 8. Oktober über Matanzas wegging, und die zwischen Matanzas und Cayo Hueso zurückbog. Ihre Bahn war eine sehr geschlossene, das Zentrum blieb ungefähr vier Tage in der Biegung.

Die Cyklone, die in Florida am 8., 9. und 10. September 1878 umbog, hatte ebenfalls eine sehr geschlossene Bahn und verblieb drei Tage in der Biegung. Dieses Zentrum zeigte nach der Rückbiegung im zweiten Aste darin eine Anomalie, dass es vom Golfe von Charleston aus nach N zog. Endlich blieb die Cyklone mit geschlossener Bahn, die am 16. und 17. September an der Küste von Texas umbog, $1\frac{1}{2}$ Tage in der Biegung.

In einigen dieser Cyklonen betrug die Geschwindigkeit der Fortbewegung im Scheitelpunkte der Parabel nicht mehr als 1.5–3 Meilen per Stunde.

8. Nicht alle Cyklonen biegen zurück. Eine Cyklone kann in jedem der drei Abschnitte ihrer Bahn entstehen und vergehen. Sie bildet sich demnach zuweilen im ersten Aste, um vor der Biegung wieder zu verschwinden, oder sie entsteht im ersten Aste und löst sich in der Biegung wieder auf, oder sie hat die Biegung zur Ursprungsstätte und erlischt im zweiten Aste, oder endlich liegen Entstehen und Erlöschen der Cyklone in dem zweiten Aste.

Eine Cyklone dieser Art, die nur einen Teil der Zugbahn beschreibt, pflegt auch dem Teile derselben zu folgen, dem sie angehört, sie kann sich nicht von der geographischen Zone losreissen, die den Zugbahnen in den betreffenden Monaten zusteht, und sich auch nicht dem Gesetze der Rück-

biegung entziehen. Sie würde dem Gesetze der Rückbiegung widersprechen, wenn sie die Breite, die in dem betreffenden Monate für die Rückbiegung gilt, durchläuft, ohne zurückzubiegen, wenn sie aber erlischt, bevor sie noch die Breite für die Rückbiegung erreicht hat, oder wenn sie im zweiten Aste, also in einer höhern Breite als wie die, in der die Rückbiegung liegen sollte, entsteht, so widerspricht das keineswegs dem Gesetze für die Rückbiegung. Es folgt daraus, dass eine Cyklone mit unvollständiger Zugbahn sich nur aus triftigen Gründen mit den entwickelten Gesetzen in Widerspruch setzen kann. Der Lauf der Cyklonen in ihren Zugbahnen hängt von allgemeinen Ursachen ab. Eine allgemeine Ursache wird deshalb genau so auf eine Cyklone wirken, welche schon acht Tage existiert hat, wie auf eine, die erst soeben gebildet ist. Hat sich an irgend einem Punkte eine Cyklone gebildet, so existiert vorher schon für sie eine normale »latente« Zugstrasse, die durch diesen Punkt geht und sich durch die Richtung Geltung verschafft, die sie dem Zentrum giebt.

9. Die hauptsächlichsten Anomalien. Einige der ersten und letzten Cyklonen der Orkanzeit haben zu Anfang als Zugrichtung SzW und dann WzS oder WSW. Diese Sturmfelder sind gering an Zahl und gewöhnlich auch von kurzer Dauer; ihre Zugstrassen sind völlig anormal in Beziehung auf alle mitgeteilten Gesetze.

Im zweiten Aste der Zugstrassen werden vielfach Anomalien beobachtet. So ist dieser Ast oft stark nach N gerichtet. Andere Orkane biegen in ihrem zweiten Aste nochmals um, indem sie sich zunächst nördlich und dann nach W wenden.

Die hauptsächlichsten Anomalien zeigen die gleichzeitigen oder Zwillingscyklone, welche zu gleicher Zeit an wenig voneinander entfernten Stellen unter dem Einflusse derselben allgemeinen Ursachen entstehen. Solche Zentra sind in dem Masse, wie ihre obern Luftschichten aufeinander einwirken, bestrebt, einander zurückzustossen.«

Die Taifune der Philippinen sind von P. José Algue, Direktor des Observatoriums in Manila, auf Grund eigener und fremder Studien ausführlich behandelt worden [1]). Dieses Werk giebt die vollständigste Darstellung der in Rede stehenden Wirbelstürme, welche zur Zeit vorhanden ist.

Der Harmattan. Mit diesem Namen bezeichnet man seit alter Zeit einen an der Küste von Oberguinea von Zeit zu Zeit bei dunstiger Luft wehenden, überaus trocknen, heissen Wind, den man bezüglich seiner ungünstigen Wirkung auf den Menschen mit dem berüchtigten Samum der Wüste ziemlich auf eine Linie zu stellen pflegt. Genauere Beobachtungen über diesen Wind, besonders aus dem innern Teile des Landes, sind jedoch nicht bekannt, und erst in jüngster Zeit sind durch Dr. H. Gruner, A. Mischlich und Leutnant v. Seefried, aus dem Togogebiete zuverlässige Mitteilungen über das Auftreten dieses Windes der Wissenschaft zu Teil geworden [2]). Dadurch hat die Harmattanfrage ein ganz anderes Gesicht erhalten, wenn auch noch keineswegs alle Einzelheiten erledigt sind. Auch v. Danckelman, der die Ausführungen der oben genannten Be-

[1]) Bayvios ó Ciclones Filipinos. Manila 1897.

[2]) Mitt. aus den Deutschen Schutzgebieten. A. v. Danckelman. Meteorol. Zeitschr. 1899. Juli.

trachtungen mitteilt, macht darüber mehrere Bemerkungen[1]) und fasst das Ergebnis seiner Untersuchungen wie folgt zusammen:

»Der Harmattan im engern Sinne ist eine durch besondere Luftdruckverteilung bewirkte vorübergehende Verstärkung der im allgemeinen im Dezember bis Februar in den westlichen Sudanländern herrschenden nord-südlichen Luftströmung. Die sie begleitende exzessive Lufttrockenheit verdankt sie wesentlich den Gebieten nördlich vom Nigerbogen, und sie führt dieselbe mit sich nach S, unter günstigen Verhältnissen bis in die sonst von einer beständigen südlichen Seebrise beeinflussten luftfeuchten Küstengebiete. Staubführung mag diesen Winden an sich vielleicht nicht besonders eigen sein, sondern sie ist vielleicht eine allgemeine Eigenschaft der Luft dieser Gebiete zu jener Jahreszeit. Unter welchen besondern Umständen die im allgemeinen wohl auf Ausstrahlungswirkungen zurückzuführenden niedrigen Morgentemperaturen gerade solcher Perioden zustandekommen, erscheint noch nicht völlig aufgeklärt.«

Seetromben in Australien. H. C. Russell in Sydney berichtet[2]) über merkwürdige Wassertromben, die an der Küste von Neu-Südwales sehr oft in Gruppen von drei und vier zusammen auftreten. Am Morgen des 16. Mai 1898 zeigte sich in dem Charakter des Wetters nichts Ungewöhnliches, der Luftdruck über den westlichen Distrikten von Viktoria war ziemlich niedrig, der Wind schwach und entsprechend der Luftdruckverteilung. Zu Eden und überhaupt in Südostaustralien herrschte schönes ruhiges Wetter, vormittags erhob sich am östlichen Horizont eine Wolkenbank, wurde immer dichter und trieb gegen die Küste. Die Wolken stiegen höher und höher, und zwischen ihnen und dem Meere fanden elektrische Entladungen statt, ohne jedoch etwa Besonderes ahnen zu lassen. Gegen 11 Uhr erblickte der Pilote Newton die ersten Wassertromben, und zwar scheinen sie plötzlich entstanden zu sein, sie waren gerade wie ein Baumstamm, und ihre Höhe wurde zu 5000 Fuss geschätzt. Sie befanden sich etwa 8 engl. Meilen nordostwärts vom Beobachter und bewegten sich rasch gegen SW, bis sie drei oder vier Meilen von der Küste plötzlich verschwanden. Der Ingenieur D. R. Crichton hat diese Tromben durch das Fernrohr seines Theodoliten beobachtet. Er sah im ganzen 14 derselben, die aus den Wolken bis zum Seespiegel hinabreichten. Das Wetter war während ihres Auftretens ruhig, ebenso die See. Die Trichter in den Wolken hatten etwa 100 Fuss Durchmesser, und ihre Länge von der Basis bis zu der Stelle, wo die eigentlichen Säulen begannen, betrug 250 Fuss. Der Durchmesser dieser Säulen wurde auf 10 Fuss geschätzt. »Ich konnte,« schreibt der Beobachter, »durch mein Fernrohr genau den Anfang jeder Trombe beobachten. Zuerst erblickte ich

[1]) a. a. O. p. 301.
[2]) Journal Royal Society of N.-Südwales 32.

eine heftige Unruhe der bis dahin ruhigen See und erkannte eine rotatorische Bewegung der Wellen über einem Teile der Oberfläche von $^1/_8$ engl. Meile im Durchmesser. Diese Bewegung wurde heftiger und gleichzeitig die Fläche, über der sie sich zeigte, kleiner, der Schaum der See wurde sichtlich dichter, und in zwei oder drei Minuten war die Basis des Wirbels gebildet. Dann wuchs er stufenweise als eine weissliche, an der Spitze nebelige Säule, die sich in vier oder fünf Minuten bis zu $^2/_8$ der Wolkenentfernung erhob. Währenddessen hatte sich in den Wolken ein umgekehrter Kegel gebildet, der hin und her schwankte und sich schliesslich mit der nebeligen Spitze der untern Säule vereinigte, worauf das Ganze plötzlich zu einer geraden, symmetrischen Säule, ohne Spur von Rotation wurde. Die ganze nebelige oder wolkige Materie in dieser Säule war verschwunden; letztere blieb zehn bis zwölf Minuten lang unverändert, während die Wolke über ihr dunkler wurde und langsam ostwärts zog, wodurch die Säule sich etwa 10° neigte und darauf in drei bis vier Minuten wieder nebelig wurde, in der Mitte brach und nach oben und unten zurückgezogen wurde, wodurch die Meeresoberfläche heftig erregt wurde. Die Beobachtungen von acht unter diesen 14 Tromben ergaben übereinstimmend eine rotierende Bewegung, bevor die Vereinigung der Schläuche zustandekam und nach derselben.«

Es sind in Neu-Südwales noch andere Formen der Wassertromben beobachtet worden, auch solche, bei welchen der Schlauch aus den Wolken bis auf die Meeresoberfläche hinabreichte, ohne dass von dieser ein ähnlicher emporgestiegen wäre. In einem von Louis Frank genau gezeichneten Falle war der Durchmesser ausserordentlich gross. Diese Trombe zeigte, wo sie über das Festland schritt, alle Eigentümlichkeiten der sogenannten Tornados.

Die Stürme und Sturmwarnungen an der deutschen Küste in den Jahren 1886—1895 sind von Dr. Grossmann untersucht worden [1]).

Es wurden bei dieser Untersuchung solche Stationen längs der Küste zu neun Gruppen vereinigt, welche dieselben Sturmwarnungen erhalten haben. Die Gruppe I, II, III und IV/V umfassen das Ostseegebiet, nämlich die preussische und pommersche Küste, die Insel Rügen und Umgebung, sowie die westliche Ostsee; die Gliederung der Nordsee geschieht durch die Gruppen VI/VII (östliche Nordsee, Hamburg, Keitum), VIII (Bremerhaven, Helgoland, Cuxhaven u. s. w.) und IX (Borkum, Norderney, Wilhelmshaven u. s. w.). Als stürmische Winde wurden nur solche von mindestens der Stärke 8 herbeigezogen und als Gruppensturmstärken festgesetzt:

0	höchste Stärke 7 auf weniger als der Hälfte der Stationen	Stärke 8 oder mehr auf wenigstens 1 Station.
1	höchste Stärke 7 auf wenigstens der Hälfte der Stationen	
2	höchste Stärke 8	auf wenigstens der Hälfte der Stationen.
3	» » 9	
4	» » 10	
5 ..	» » 11	

[1]) Aus dem Archiv der Seewarte. XXI. No. 4.

Die relative Übereinstimmung der so definierten Gruppensturmstärken längs der Küste bei ausgebreiteten Stürmen hat gelehrt, dass die Einführung der höhern Stärkeziffern 3—5 zulässig ist und somit eine Trennung der wirklich schweren Stürme von den mässigen ermöglicht.

Um die Gruppenwindrichtung zu bezeichnen, wurden die bei der Wettertelegraphie üblichen Zahlen benutzt:

4 .... stürmische Winde aus dem NO-Quadranten, Winde N—O
12 .... » » » » SO- » » O—S
20 .... » » » » SW- » » S—W
28 .... » » » » NW- » » W—N
8 .... » » » » NO- und SO-Quadranten, Winde N—O—S
16 .... » » » » SO- und SW-Quadranten, Winde O—S—W
24 .... » » » » SW- und NW-Quadranten, Winde S—W—N
32 .... » » » „ NW- und NO-Quadranten, Winde W—N—O

Die Zusammenstellung der Sturmtage des Untersuchungszeitraumes nach den Küstengebieten und den Gruppensturmstärken zeigt, dass unter Berücksichtigung aller Sturmtage Gruppe III mit 900 am meisten und Gruppe I mit 890 nur etwas weniger Sturmtage gehabt haben, gegenüber 689 an Gruppe IV und V und nur ca. 560 Sturmtagen an der Nordsee und der Pommerschen Küste. Die Gesamtheit aller Sturmtage steigt hiernach von der Nordsee bis Rügen, nimmt dann nach Osten hin ab und steigt an der preussischen Küste wieder zu fast gleich hohem Betrage an. Dieser Überschuss der Sturmtage der preussischen über die der pommerschen Küste kommt indessen, wie die Tabelle zeigt, wesentlich auf Rechnung der leichtesten Stürme, wird für die Gruppensturmstärke 1 bereits unbedeutend und verschwindet dann. Für alle Sturmtage von der Gruppensturmstärke 2 und darüber nimmt die jährliche Häufigkeit der Sturmtage von Rügen nach Westen und Osten hin ab.

Häufigkeit der Sturmtage in den Jahren 1886/1895.

Gruppensturmstärke	Küstengebiet							
	IX	VIII	VI|VII	VI|IX	IV|V	III	II	I
0	128	156	136	343	353	281	174	538
1	147	119	77	143	166	231	155	171
2	90	67	46	57	116	235	147	110
3	16	18	24	16	44	119	72	63
4	5	6	2	3	8	28	9	5
5	2	1	1	1	2	6	3	3
0—5	388	367	286	563	689	900	560	890
1—5	260	211	150	220	336	619	386	352
	Prozentwerte:							
0	33	43	48	61	51	31	31	60
1—2	61	51	43	36	41	52	54	32
3—5	6	6	9	3	8	17	15	8

Ohne Berücksichtigung der leichtesten Stürme hatte die Nordsee nur 220 Sturmtage, gegenüber 619 auf der Insel Rügen und Umgegend und

330—390 für die übrigen Teile der Ostsee, wobei zu beachten ist, dass die geringere Häufigkeit der Sturmtage an der Nordsee besonders für die stärkern Stürme hervortritt. Gegen 20 Sturmtage der Nordsee mit den Gruppenstärken 3—5 hatten Gruppe IV/V 54, Gruppe III 153, Gruppe II 84 und Gruppe I 71 dieser schweren Stürme.

Die prozentische Verteilung der Sturmtage nach den Gruppensturmstärken 0, 1—2 und 3—5 ergiebt eine grosse Übereinstimmung für die Gruppen II und III, wo die leichtesten Erscheinungen nur mit 31 % und dafür die stärksten mit 15—17 % vertreten sind, und für Gruppe VI/IX und I, abgesehen von der grösseren Häufigkeit der stärksten Stürme im Osten; diese sind mit 8 % an der westlichen Ostsee ebenso häufig wie an der preussischen Küste vertreten gewesen, doch traten hier relativ mehr von den leichtesten Stürmen auf.

Die prozentische Verteilung nach den Gruppensturmstärken zeigt für die leichtesten Stürme der drei Nordseegruppen eine Zunahme von West nach Ost, für die Gruppenstärken 1—2 eine nahezu ebenso grosse Abnahme und für die grössten Stärken ein kleines Überwiegen der Gruppe VI/VII.

Ein Vergleich der den einzelnen Nordseegruppen zukommenden Häufigkeitszahlen mit den für die Nordseeküste als Ganzes berechneten lehrt, dass bei einem so weit ausgedehnten Gebiete wie der Nordsee auch stärkere Stürme mehr lokaler Art, auf Teile der Küste beschränkt, öfters auftreten; so hatte Gruppe IX 90 Sturmtage der Gruppensturmstärke 2, gegenüber 57, die diesen Charakter für die ganze Nordsee besassen. Besonders aber tritt die lokale Natur der leichtesten Stürme hier hervor, von denen an der als ein Gebiet aufgefassten Nordseeküste 343 auftreten, gegenüber nur 128—156 an ihren einzelnen Teilen.

Was die Verteilung der Sturmtage des Jahres auf die Windrose anbelangt, so tritt in den Gruppenstärken 1—5 das für unsere Küste bekannte Vorherrschen der Stürme aus den beiden W-Quadranten hervor; Gruppe IV/V und II zeigen ein bedeutendes Vorherrschen der Stürme aus dem SW-Quadranten, während die Stürme an den übrigen Teilen der Küste häufiger über West nach dem NW-Quadranten drehen, so dass die den beiden westlichen Quadranten angehörenden Sturmtage an der Nordsee nur wenig seltener als die reinen SW-Stürme sind und diese an den Gruppen I und besonders III an Häufigkeit übertreffen. Die SW-Stürme treten an der Nordsee weit häufiger als die NW-Stürme auf, treten aber nach Osten hin immer mehr gegen sie zurück, so dass schliesslich an der preussischen Küste die reinen SW- und NW-Sturmtage gleich häufig sind. Die den beiden N-Quadranten angehörigen Sturmtage überwiegen an der Ostsee bedeutend im Vergleiche zur Nordsee, während die dem SO-Quadranten und seiner Umgebung angehörigen Sturmtage nächst Gruppe III den Westen der Küste bevorzugen. Für alle Windrichtungen tritt die Zunahme der Sturmtage von der Nordsee nach Rügen hin auf und die weitere Abnahme nach Osten hin, ausgenommen die von Gruppe II nach I hin beobachtete Zunahme für den SO-Quadranten und die Zwischenrichtungen 32, 8, 16 und 24, die auf eine relativ grössere Drehung der Windfahne an Sturmtagen der Gruppenstärken 1—5 der preussischen im Vergleiche zur pommerschen Küste hinweisen.

Die Sturmtage der Gruppenstärke 0 zeigen die bei weitem grössten Häufigkeitszahlen für die SW- und die NW-Stürme und nur für die Gruppen der östlichen Ostsee annähernd gleich grosse Werte für die NO-Stürme, während die den beiden W-Quadranten zugleich angehörenden Sturmtage bedeutend zurücktreten und besonders im Vergleiche mit deren relativer Häufigkeit für die höhern Gruppensturmstärken selten erscheinen; dieses Verhalten findet seine Erklärung in dem Umstande, dass die schwächern, meist lokalen Stürme der Sturmstärke 0 nur vereinzelt den schnell fortschreitenden intensiven Sturmwirbeln mit starker Drehung des Windes angehören. Die Verteilung der Sturmtage gleicher Gruppenwindrichtung auf die Küste ergiebt für die preussische Küste die grösste Zahl



Vier Wasserhosen, beobachtet zu Eden (Australien).



Wasserhosen, beobachtet in der Coogu-Bay (Australien).

der Sturmtage für alle Richtungen, ausser für die SW-Stürme, die von der kleinsten Gruppenstärke an der Nordsee weitaus am häufigsten waren, und mit der weitern Ausnahme der ziemlich gleichmässig verbreiteten, den beiden O-Quadranten zugleich angehörenden Stürme. Nächst Gruppe I zeigen Gruppe VI/IX und IV/V meist die grössten Häufigkeitszahlen, während die Sturmtage der Gruppenstärke 0 fast für alle Gruppenwindrichtungen an der pommerschen Küste am seltensten waren, entsprechend dem gleichartigen Verlaufe dieses Teiles der Küste.

Die Häufigkeit der Sturmtage der Gruppenstärke 1—5 nach Monaten geordnet, zeigt folgende Tabelle des Verfassers:

Küstengebiet	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
VI—IX	27	23	33	9	8	4	8	10	12	29	27	30
IV—V	39	37	47	18	17	13	14	22	19	35	39	36
III	58	41	61	39	33	32	42	51	58	78	58	68
II	39	36	38	22	11	18	20	37	35	50	43	43
I	40	27	31	15	7	13	15	31	31	50	42	50

Hiernach hatte in dem ganzen Zeitraume die Nordsee die grösste Häufigkeit der Sturmtage im März, ihre Zahl nahm dann gegen April stark und dann langsam ab bis zum Minimum im Juni, und es folgten dann nach stärkerer Zunahme von September bis Oktober die sturmtagreichen Monate Oktober bis Januar mit einem wenig ausgesprochenen, gegen März zurückbleibenden Häufigkeits-Maximum im Dezember. Ähnlich fallen für Gruppe IV/V das absolute Maximum auf den März und das hier weniger ausgeprägte Minimum auf den Juni, doch finden sich in den stürmischen Monaten Oktober bis Februar sekundäre Maxima im November und Januar. Gruppe III zeigt auch noch das Minimum schwach ausgeprägt im Juni, während dieses bei den Gruppen II und I, stärker hervortretend, bereits im Mai eintritt; das Maximum im März ist auf Gruppe III auch noch vorhanden, tritt jedoch seinem Betrage nach ebenso wie auf den ostwärts gelegenen Gruppen zurück gegen das Häufigkeits-Maximum, das in den für die Gruppen I—III besonders stürmischen Monaten Oktober bis Dezember beobachtet wird, in Gruppe III und II auf den Oktober fällt und in Gruppe I mit gleichen Werten im Oktober und Dezember auftritt. Die an der Nordsee unbedeutende Zunahme der Sturmtage von Juli bis August verstärkt sich nach Osten hin bedeutend, während die an der Nordsee starke Abnahme der Sturmtage von März bis April bis Gruppe II hin dem relativen Betrage nach abnimmt und an der preussischen Küste wieder stärker hervortritt.

Der durch die Monatshäufigkeiten dargestellte jährliche Gang weist dem relativen Betrage nach für die Ostsee weit geringere Schwankungen als für die Nordsee auf, bedingt durch die in der Ostsee während der wärmern Jahreszeit relativ grössere Sturmthätigkeit.

In dem Untersuchungszeitraume hatte der Monat Oktober für Gruppe III mit 78 Sturmtagen (in 10 Jahren!) weitaus die grösste Häufigkeit aufzuweisen, während die geringste, unter 10 bleibende Anzahl von Sturmtagen auf die Monate April bis Juli an der Nordsee und Mai an der preussischen Küste fiel.

Eine besondere Tabelle der Abhandlung zeigt, dass die Sturmphänomene aller Stärken an Häufigkeit von der Nordsee bis Rügen und Umgebung zunehmen und dann wieder in erheblich geringerem Grade nach Osten hin abnehmen, für beide Jahreszeiten wie das Jahr, mit nur vereinzelten Ausnahmen für die Phänomene der Stärke 1. Mit hohen Stärken in ganz bedeutend zunehmendem Grade tritt Gruppe III durch ihre Sturmphänomene hervor; an nächster Stelle stehen die pommersche Küste und die westliche Ostsee und an vorletzter Stelle, aber auch noch die Nordsee weit überragend, die preussische Küste.

Die mittlere Dauer der Sturmphänomene ist in beiden Jahreszeiten an der Nordsee am kleinsten; sie nimmt in der warmen Jahreszeit nach Osten hin stetig zu, in der kalten Jahreszeit jedoch nur bis Rügen und hat dann an der pommerschen und der preussischen Küste wieder kleinere, einander gleiche Werte. Der kleinsten mittlern Dauer von 1 $^1/_4$ Tag im Sommer an der Nordsee steht als grösste Dauer eine solche von ca. 1 $^1/_2$ Tag im Sommer an der östlichen Ostsee und im Winter auf der Insel Rügen und Umgebung gegenüber.

Was die Ausbreitung der Sturmphänomene längs der Küste anbelangt, so reichten von den die Nordsee treffenden, im Sommer 24, im Winter 147 Sturmphänomenen 6, bezgl. 70 bis nach der preussischen Küste, also $^1/_4$, bezgl. $^1/_2$ der Zahl, während umgekehrt von den entsprechenden 44, bezgl. 209 Sturmphänomenen der preussischen Küste nur 6, bezgl. 70, also etwa $^1/_7$ bezgl. $^1/_3$ bis nach der Nordsee reichten, so dass die Ostsee weit stärker an den Stürmen der Nordsee als diese an den Stürmen der Ostsee beteiligt erscheint. Die Ostsee hat eben ein grosses Mass, ganze Kategorien von Sturmphänomenen für sich, die die Nordsee nicht berühren. Von 132 Sturmphänomenen der warmen Monate trafen nur 24, von 385 der kalten Monate nur 147 die Nordsee! Es gehörten entsprechend noch 80, bezgl. 169 den Gruppen I bis III allein an. Diese Zahlen zeigen zugleich die durch grössere Ausbreitung der Sturmphänomene gekennzeichnete grössere Sturmthätigkeit des Winters.

Bei weitem die grössten mittlern Stärken kommen den Sturmphänomenen zu, die sich von der Nordsee bis nach dem Osten der Ostsee ausbreiten, während die auf Gruppe I bis III beschränkten Phänomene bedeutend geringere Werte zeigen. Daher kommt den die Nordsee treffenden Sturmphänomenen bei weitem die grösste mittlere Stärke zu.

Schliesslich bemerkt Dr. Grossmann: »Dass das hier vorliegende, mit frühern in Einklang stehende, Resultat des geringern Sturmreichtumes der Ostsee im Vergleiche zur Nordsee wegen der gegenteiligen Ansicht der Seeleute nach wie vor Zweifeln begegnen werde, wird nach den Erfahrungen der Meteorologie zu erwarten sein. Es steht jedoch durchaus im Einklange mit den Erfahrungen im Sturmwarnungsdienste und muss deshalb als unbedingt richtig erachtet werden, bis das Experiment in überzeugender Weise das Gegenteil nachgewiesen haben sollte, was indessen kaum zu erwarten sein dürfte. Einwände, wie beispielsweise, dass die Beobachter an der Ostseeküste die Windstärken durchschnittlich niedriger schätzten als die der Nordseeküste, weil sie im allgemeinen weniger Fahrt auf den Ozeanen aufzuweisen hätten, dürften doch erst als richtig zu erweisen sein.

Nach obigen Darlegungen nimmt der Sturmreichtum im allgemeinen von der mittlern Ostsee, der Insel Rügen und Umgegend, nach Westen und Osten und besonders stark nach der Nordsee hin ab, wo er am geringsten ist. Jene mittlern Teile der Ostsee werden von den von Westen kommenden und den Stürmen der östlichen Ostsee meist getroffen und sind darum am sturmreichsten; auf sie entfällt auch der grösste Teil der Sturmwarnungen.

Die Untersuchung hat ferner gezeigt, dass man zu einer richtigen Würdigung des Erfolges der Sturmwarnungen nur gelangen kann, wenn man gleichzeitig auf die rechtzeitig gewarnten Sturmtage oder Sturmphänomene und auf die Sturmwarnungen basierte Trefferprozente heranzieht. Diese beiderlei Erfolgziffern, der Sturm- und der Signalerfolg, ergänzen sich gegenseitig.

Auf Sturmtage basierte Trefferprozente ergaben für die Monate Mai bis August meist wenig befriedigende, dagegen für die übrigen Monate meist befriedigende Resultate, besonders unter Berücksichtigung der verschiedenen Sturmstärken, indem gezeigt werden konnte, dass die schwerern Stürme der grossen Überzahl nach rechtzeitig gewarnt worden sind. Für die Stürme der westlichen Quadranten war der Erfolg erheblich grösser als für die Ostseite der Windrose.

Günstigere Resultate zeigten die auf die Sturmwarnungen direkt basierten Trefferprozente und besonders in der warmen Jahreszeit, für die die Zahl der rechtzeitig erlassenen Warnungen auch durchweg 50 % überstieg.

Im allgemeinen stellte sich für die kalte Jahreszeit bei weniger günstigem Erfolge nach der Zahl der rechtzeitig gewarnten Sturmtage ein günstigerer Erfolg nach der Zahl der rechtzeitigen Warnungen und umgekehrt heraus, bedingt durch die gegensätzliche Verteilung der verfehlten Warnungen ohne nachfolgenden Sturm und der Sturmtage ohne rechtzeitiges Signal. Der grössere Erfolg nach Sturmtagen kommt dem Westen, nach Warnungen jedoch dem Osten zu; dafür haben wir hier mehr ungewarnte und verspätet gewarnte Stürme gegenüber der grössern Zahl der Fehlwarnungen ohne nachfolgenden Sturm an der Nordsee.

Die scheinbare Verschiedenheit der Handhabung des Sturmwarnungsdienstes, die hier hervortritt, erklärt sich aber, wie dargelegt werden konnte, der Hauptsache nach durch den grössern Grad der Schwierigkeit, den die rechtzeitige und sichere Prognostizierung der Stürme der warmen Jahreszeit und in der kalten Jahreszeit die Voraussage der spezifischen Ostseestürme, im Vergleiche mit der Vorausbeurteilung der Gesamtheit der Stürme der kalten Jahreszeit, sowie der in dieser Jahreszeit auch über die Nordsee ausgebreiteten Stürme bereitet.

Eine geringere Bedeutung kommt dem Mangel des Abend-Sturmwarnungsdienstes in den Sommermonaten zu, wenngleich ein solcher die Zahl der rechtzeitigen Warnungen etwas erhöht haben würde.

Ebenso hat die Lage der Sturmwarnungsstelle an der Nordsee für den Gegensatz der Sturmwarnungen des Westens und Ostens keine schwerwiegende Bedeutung, wenn auch in dieser Beziehung den Sturmwarnungen des Westens der Vorteil zu gute kommt, dass die Sturmwarnungsstelle über die Änderungen des Luftdruckes und des Wetters hier besser unterrichtet ist und aus der Beobachtung des Wolkenzuges wie besonders der Winde gelegentlich einen sichern Anhalt für die Sturmprognose gewinnen kann. Eine öftere Berichterstattung der ferner gelegenen Stationen der Küste über die Änderungen des Luftdruckes und der Winde zur Zeit kritischer Wetterlage würde diesen Einfluss der Lage der Zentralstelle wesentlich auszugleichen vermögen.

Nach allem muss für die Förderung des Sturmwarnungswesens zunächst als die Hauptaufgabe das intensive Studium der Stürme der warmen Jahreszeit und der spezifischen Ostseestürme der kalten Jahreszeit bezeichnet werden, wobei die Untersuchung der bisherigen Misserfolge wohl am schnellsten zum Ziele führen dürfte.

Um die Gefahr überraschend auftretender ungewarnter Stürme abzuschwächen, dürfte es vor der Hand kein richtigeres Mittel geben als die Ausführung des einen Vorschlages von Prof. van Bebber, einen teilweisen telegraphischen Austausch von Wetternachrichten der Stationen unter einander besonders zu Zeiten kritischer Wetterlage herbeizuführen. So würde es von wesentlichem Erfolge sein müssen, wenn in den passend gewählten Küstengebieten die am exponiertesten liegenden Stationen in Fällen des Ausbleibens einer Sturmwarnung bei Eintritt stürmischer Winde oder bei den Anzeichen ihres Herannahens den übrigen Stationen des Gebietes telegraphische Mitteilung machten, und diese für Bekanntgabe der eingegangenen Nachrichten durch Anschlag oder Signale Sorge trügen. Eine derartige Einrichtung würde aber auch für alle Zeiten, bei allen Fortschritten der Sturmprognose, von grösster Bedeutung bleiben, um den Gefahren der lokal auftretenden Stürme zu begegnen Deren sichere und rechtzeitige Prognostizierung wird stets besondere Schwierigkeiten bieten, und es wird voraussichtlich die allgemeine Rechtzeitigkeit der Sturmsignale für solche Stürme nie ohne eine so ansehnliche Vermehrung der Fehlwarnungen ohne nachfolgenden Sturm zu erkaufen sein, dass diese nicht, in Anbetracht der immerhin geringern Bedeutung der lokalen Stürme, schwerwiegende Bedenken erregen müssten.

Da betont worden ist, in wie hohem Grade der durch die Förderung der Sturmprognose zu erzielende, vor allem erforderliche, innere Fortschritt des Sturmwarnungswesens die Möglichkeit der sichern Feststellung der Zeiten stürmischer Witterung verlangt, so gilt, bei der hervorgehobenen Unzulänglichkeit der bei der gewöhnlichen Aufstellung von der Umgebung beeinflussten Anemometer-Registrierungen, als eine Hauptforderung des Sturmwarnungswesens die Anstellung guter Windbeobachtungen an den Stationen der Küste, auf die bei der Anstellung der Stationsvorsteher ein besonderes Gewicht zu legen ist; in besonders hohem Grade muss dies aber für jene Signalstellen gelten, die ihre Windbeobachtungen zeitweise, zwecks Warnung vor Stürmen, oder auch regelmässig, wie die an Semaphorstellen berichteten Stationen, telegraphisch weiter geben, da bei mangelhaften Schätzungen der Windstärken derartige Einrichtungen ihre ganze Bedeutung verlieren müssten.

Trotz der zahlreichen Fehlerfolge des Sturmwarnungswesens darf diesem gewiss ein Erfolg schon jetzt nicht abgesprochen werden, da die grosse Zahl der rechtzeitigen erfolgreichen Warnungen manchem Verluste an Menschenleben und Besitz vorgebeugt hat. Um mehr zu erreichen, gilt es aber, neben der Verbesserung der Sturmwarnungen besonders auch dafür Sorge zu tragen, dass als eine weitere Hauptbedingung des Erfolges das Vertrauen der Küstenbevölkerung zu den Sturmsignalen gewahrt bleibe und nicht durch zu häufige, umsonst erlassene Warnungen verloren gehe. Es kann hiernach, wie nochmals betont werde, die Aufgabe des Sturmwarnungswesens nicht so weit gefasst werden, dass vor allen mehr lokalen und schwer vorauszusehenden Stürmen auf eine jede schwache Aussicht von Gefahr hin gewarnt werden solle, sondern sie wird wesentlich beschränkt bleiben müssen auf die Warnung der mit einiger Sicherheit vorauszusagenden Stürme; nicht die blosse »Möglichkeit« stürmischer Winde, sondern ein gewisser, abzuwägender Grad der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens wird zum Warnen Anlass geben dürfen, will man nicht anders schliesslich den ganzen Erfolg in Frage stellen.«

19. Elektrische Erscheinungen.

Elektrizitätszerstreuung in der freien Atmosphäre. Versuche hierüber hat, in Verbindung mit Geitel, J. Elster angestellt[1]), teils im Tieflande, teils auf dem Brocken und auf dem Säntis. Mit Hilfe eines modifizierten Exner'schen Elektroskops und eines aufsetzbaren Zerstreuungszylinders konnten Zahlenwerte für die während der Expositionszeit vom geladenen Elektroskope an die Luft abgegebenen Elektrizitätsmengen erhalten werden. Es erwies sich die Elektrizitätszerstreuung stark abhängig von der Gegenwart von Nebel, Dunst und Höhenrauch, und zwar in um so geringerem Masse, je trüber die Luft ist, während Windstärke und absolute Feuchtigkeit von unbedeutendem Einflusse sind. Im Tieflande ist sie für positive und negative Ladung im allgemeinen nahe gleich. Im Gebirge findet man an nebelfreien Tagen mit zunehmender Höhe zunehmende Zerstreuung, und zwar für beide Elektrizitäten, solange man in den Thälern sich befindet. Auf Bergspitzen ist der Verlust der negativen Elektrizität bei klarem Wetter viel grösser als der der positiven.

[1]) 71. Vers. deutscher Naturforscher in München 1899. Abt. für Physik u. Meteorologie. 2. Sitzung am 19. Septbr.

Bei Nebel sinken beide auf ein Minimum herab. Dieser polare Unterschied zeigt sich im Tieflande, wenn man das geladene Elektroskop mit einem vollständig geschlossenen Drahtkäfig umgiebt und isoliert aufstellt und diesen Drahtkäfig ladet. Ladet man den Drahtkäfig gleichnamig, so erfolgt die Zerstreuung im Innern viel rascher als bei ungleichnamiger Ladung. Die Ansicht, welche sich Elster auf Grund seiner Versuche bildete, ist folgende: Die Luft enthält Teilchen von teils positiver, teils negativer Eigenladung in ungefähr gleicher Menge. Elektrische Spannungen der Luft rühren von einem Überschuss der einen oder andern Teilchen her. Die Entladung eines geladenen Körpers in Luft wird durch die ungleichnamigen elektrischen Luftteilchen bewirkt, wenn sie mit dem Körper in Berührung kommen. Bei der Nebelbildung bilden die elektrischen Luftteilchen die Kondensationskerne; hierdurch wird ihre Masse vergrössert und ihre Beweglichkeit gehemmt. Die polaren Verschiedenheiten für die Zerstreuung der Ladung auf Bergspitzen erklärt sich aus der grossen Dichte, die die negative Erdelektrizität auf Bergen besitzt.

Zur Theorie der Luftelektrizität giebt Dr. Trabert[1]) im Anschlusse an eine Kritik der neuern Versuche von Pellat[2]) eine kurze Übersicht des jetzigen Standes der Frage.

»Man hat,« sagt er, »ursprünglich in der Verdampfung eine Elektrizitätsquelle zu erblicken geglaubt, man hat dann in der Kondensation des Dampfes eine solche vermutet, und schliesslich, nachdem die beiden Annahmen durch Versuche widerlegt waren, hat man ein Mitführen der Elektrizität von einer verdampfenden elektrischen Flüssigkeitsoberfläche durch den Dampf angenommen, und F. Exner hat hierauf eine Theorie der Luftelektrizität gebaut, welche in vielen Punkten auch den zu erklärenden Erscheinungen gerecht wird.

Die physikalische Grundlage dieser Theorie, die Konvektion der Elektrizität durch den Dampf, ist viel umstritten. Zum Nachweise der Thatsache dieser Konvektion hat man sich bisher zweier Methoden bedient. Man hat versucht, den Elektrizitätstransport direkt nachzuweisen, sei es am Dampf, sei es durch Elektrizitätsübertragung auf einen isolierten Leiter, oder man hat indirekt diesen Nachweis versucht, indem man aus einer Beschleunigung der Verdampfung einer Flüssigkeit durch Elektrisierung derselben auf elektrische Kräfte schloss, welche auf die Dampfmoleküle wirken, woraus mit Notwendigkeit deren Elektrisierung folgt.

Was zunächst diese letztere Methode anbelangt, so hat zuerst Mascart nachgewiesen, dass durch ein elektrisch geladenes Drahtgitter über einer Wasserfläche deren Verdampfung beschleunigt werde,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. Heft 7. p. 377.
[2]) Journ. de Physique III. Ser. 8. 1899. p. 253.

und F. Exner hat mit Hilfe eines Horizontalmanometers direkte Messungen der Beschleunigung der Verdampfung durch Elektrisierung einer Flüssigkeit vorgenommen. Lecher hat dann aber gezeigt, dass diese raschere Verdampfung eine Folge des elektrischen Windes sei, dass also diese Methode überhaupt nicht zu einer Entscheidung der Frage herangezogen werden kann. Nebenbei möge übrigens bemerkt werden, dass, wenn die im Detail nicht mitgeteilten Versuche von Wirtz einwurfsfrei wären, eine Beschleunigung der Verdunstung elektrisierter Flüssigkeitsflächen überhaupt nur eintreten würde, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit mit Staub bedeckt ist.

Es hat also jedenfalls nur die erste, direkte Methode Aussicht auf Erfolg.

Was nun zunächst den Nachweis der Elektrizität auf dem Dampf selbst anbelangt, so konnte Exner zu keinem Resultate gelangen, und es hat auch bisher nur Lecher bei Anwendung sehr grosser Spannungen (25000 Volt) eine Influenzwirkung einer Wolke elektrisierter Teilchen nachweisen können, er lässt aber die Frage offen, ob man bei einer grossen Dichte der Elektrizität es noch mit einem Verdampfen in gewöhnlichem Sinne zu thun habe, oder nicht vielmehr mit einer Art Zerstäubung der Flüssigkeit.

Man hat daher immer das Übertragen der Elektrizität von der verdampfenden Fläche auf einen isolierten Leiter nachzuweisen versucht. Blake hat bei seinen Versuchen keinerlei Übergang von Elektrizität gefunden, es hat aber dann Exner gezeigt, dass bei rasch verdampfenden Flüssigkeiten, wie Alkohol und Äther, die aus einem elektrisierten und wohl isolierten Porzellanschälchen verdampfen, auf ein darunter befindliches isoliertes Metallgefäss Elektrizität übertragen werde.

Wie Sohncke nachgewiesen hat, kann man aber genau dieselben Resultate erhalten, wenn man statt der verdampfenden Flüssigkeit eine Kältemischung anwendet, woraus folgt, dass die Elektrizitätsübertragung nicht dem Dampfe zugeschrieben werden kann. Sohncke hat vielmehr nachgewiesen, dass es die durch die Temperaturdifferenz bewirkten Luftströmungen sind, welche für die Elektrizitätszerstreuung verantwortlich zu machen sind. Schon Mascart hatte übrigens bemerkt, dass Temperaturänderungen Störungen bei seinem Versuche hervorbringen, durch welche die ganze Erscheinung aufgehoben werden kann. Auch Schwalbe ist zu dem gleichen Resultate gekommen, und es kann als bewiesen angesehen werden, dass der Elektrizitätstransport durch Staubteilchen erfolgt und durch das Vorhandensein von Luftströmungen beschleunigt wird. Wir kommen also zu dem Schlusse: Die Beschleunigung der Verdampfung durch Elektrisierung ist nicht beweisend, die Ladung des Dampfes selbst ist (ausser bei enormen elektrischen Dichten) nicht nachweisbar, und ein Transport der Elektrizität durch den Dampf findet nur scheinbar statt, der Übergang erfolgt vielmehr in Wirklichkeit durch Elektrizitätszerstreuung und erfolgt ohne verdampfende Fläche genau so rasch,

wenn nur durch andere Vorkehrungen für eine gleiche Ursache der Luftzirkulation gesorgt ist.

Dies ist der gegenwärtige Stand der Frage, ob bei der Verdampfung einer elektrischen Wasserfläche von dem Dampfe Elektrizität mitgeführt werde.

Es hat nun neuerlich Pellat Versuche gemacht, um das Vorhandensein einer Konvektion der Elektrizität durch den Dampf nachzuweisen. Die Versuchsanordnung war dabei die folgende: Einer flachen (5 *mm* tiefen), gut isolierten Schale wurde bei im übrigen gleichen Nebenumständen — einmal leer, das andere Mal mit Wasser gefüllt — eine bestimmte Ladung erteilt. An einem Quadranten-Elektrometer wurde nun der Verlust an Ladung in einer bestimmten Zeit gemessen.

Übereinstimmend ergab sich der Verlust mit Wasser grösser als bei leerer Schale; Pellat schliesst hieraus, dass die Ursache in der Elektrizitätskonvektion durch den Wasserdampf zu suchen sei, und er berechnet daraus die Geschwindigkeit des Elektrizitätsverlustes durch Verdampfung.

Auch wenn man dieser Berechnung beipflichten könnte, muss doch der Schluss von Pellat, dass der Unterschied bei leerer und mit Wasser gefüllter Schale für die Konvektion der Elektrizität durch den Dampf beweisend sei, bestritten werden. Sohncke und Schwalbe, deren Arbeiten Pellat nicht berücksichtigt, haben, wie erwähnt, bereits vor längerer Zeit diese Schlussfolgerung widerlegt. Im Wesen sind ja auch ihre Versuche von den neuern Pellat's gar nicht verschieden, mit alleiniger Ausnahme des Umstandes, dass sie durch mannigfache und sorgfältige Abänderung des Versuches den Nachweis lieferten, dass die Unterschiede auf Luftströmungen zurückzuführen seien.

Der Stand der Frage nach der Konvektion der Elektrizität durch den Wasserdampf ist also auch durch die Versuche Pellat's in Nichts verändert worden. Nach wie vor fehlt jeder Nachweis, dass durch den Dampf von einer elektrischen Flüssigkeitsoberfläche eine in Betracht kommende Elektrizitätsmenge weggeführt werden könnte.

Das einzige Argument für diese Annahme ist noch immer der Schluss Exner's; wenn wir einen isolierten und elektrisierten Tropfen reinen Wassers verdampfen, so muss sich die Elektrizität auf dem Dampfe vorfinden. Wenn dies Sohncke bestreiten will und als schliessliche Elektrizitätsträger die Staubkerne der Tropfen herbeiziehen möchte, so haben wir es hierbei zweifellos mit einer so gezwungenen Schlussweise zu thun, dass sie kaum ernsthaft in Betracht zu ziehen ist. Es ist ganz zweifellos, dass der Dampf einen Teil der Ladung der Flüssigkeit mitnehmen wird, die Frage ist allein die: wie viel? Es fragt sich: ist die auf dem Dampfe mitgeführte Elektrizitätsmenge quantitativ hinreichend, um jene Veränderung

des Potentialgefälles der Luftelektrizität zu erklären, wie wir sie beobachten?«

Es ist unmöglich, in exakter Weise unter gewissen plausiblen Annahmen theoretisch zu berechnen, wie viel der Dampf an Elektrizität mitführen muss, Dr. Trabert bringt aber eine Art Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür, dass die auf diese Weise in die Atmosphäre gelangenden Elektrizitätsmengen verschwindend klein sind.

Die experimentelle Darstellung von Kugelblitzen ist von Stéphane Leduc versucht worden[1]). Er brachte zwei sehr feine, blankpolierte Metallspitzen in Verbindung mit den Polen einer Holtz'schen Maschine und stellte sie senkrecht auf die empfindliche Seite einer photographischen Platte, welche auf einem Metallblech auflag. Die Entfernung beider Spitzen betrug 5—10 *cm*. Unter dem Einflusse des elektrischen Stromes bildet sich alsdann am positiven Pole eine Aureole, während sich am negativen Pole eine leuchtende Kugel entwickelt, welche immer grösser wird, bis sie sich endlich vom Pole ablöst, worauf dieser sofort vollständig nichtleuchtend wird. Die Kugel strebt nun, den positiven Pol zu erreichen, doch ist ihre Fortbewegung eine derart langsame, dass sie den Weg von wenigen Centimetern erst nach 1—4 Minuten zurückgelegt hat. Sie macht Umwege, hält zuweilen vollständig an und zerplatzt nicht selten in eine grössere Anzahl kleiner Kugeln, deren jede alsdann selbständig ihren Weg zum positiven Pole fortsetzt. Sobald das Phänomen am positiven Pole angelangt ist, erlischt auf der Stelle jeglicher Lichteffekt, und es ist, als ob zwischen den beiden Polen eine metallische Verbindung existierte.

Wurde während der Bewegung des Feuerballes Schwefelpulver auf die Platte gestreut, so bildeten sich in der Bahn hinter den Kugeln viele kleine Lichtperlen, ähnlich den oft beobachteten sogenannten Perlschnurblitzen.

Photographische Aufnahmen des Blitzes. Gute Blitzphotographien sind selten, auf den meisten kommt der Blitz nur als dünne Linie zum Vorscheine. Von den interessanten Bandblitzen giebt es nur wenige Aufnahmen, so die 1884 Juli 16 10^h von Prof. Kayser aufgenommene, die damals als erste Abbildung grosses Aufsehen erregte. A. L. Rümker von der Hamburger Sternwarte berichtet nun über einen sehr interessanten Fall[2]) folgendes: »Mir gelang es, am 23. August, $6^h\ 35^m$, 1898 von der Hamburger Sternwarte aus einen Bandblitz aufzunehmen, der in die Deutsche Seewarte einschlug. Hier haben wir den seltenen Fall, dass die Entfernung des Einschlagepunktes vom Aufnahmepunkte genau bekannt ist; sie beträgt 500 *m*. Aus der Brennweite des Objektives von 22 *cm* ergiebt sich daher die Blitzbreite zu etwa 10 *m*. Das gleiche Resultat erhalten

[1]) Comp. rend. **129**. p. 37.
[2]) Himmel und Erde **11**. p. 134.

wir aus der Breite des Ostturmes der Seewarte, die 8 *m* in natürlicher Grösse, 0.4 *cm* im Apparate beträgt, und der Blitzbreite auf der Platte von 0.5 *cm*. Diese Breite stimmt mit der Berechnung Piltschikoff's, dessen Bandblitz auf 12 *m* 50 *cm* angegeben wird, gut überein.

Auch auf physikalischem Wege ist es gelungen, dem Bandblitz ähnliche Funken zu erzeugen, die auf der Photographie die Hauptmerkmale deutlich zeigten und manches Rätselhafte dieser ältern Erscheinung klarlegten. — Auf Grund dieser Beobachtungen ist es zweifellos, dass der Wind Einfluss auf die Bandform des Blitzes ausübt.

Die Hauptmerkmale sind kurz folgende: An einem Rande des Blitzes befindet sich immer eine besonders helle Linie, die nach der Bandseite hin horizontale kleine Stäbchen auszustrahlen scheint; diese Linie ist erwiesenermassen der Anfangsfunke. Von diesem Hauptblitze allein gehen auch die Seitenverästelungen aus, die man stets mehr oder minder deutlich bis zur Hauptlinie verfolgen kann. Auf unserer Photographie sind die Verästelungen, zwei rechts, zwei links, nur schwer zu erkennen. Die Form der Erscheinung ist die eines leichten, dunklen Seidenbandes, das von hellen, senkrechten Fäden durchzogen, im Winde flattert. Trouvelot gelang es sogar, eine Drehung eines derartigen Blitzbandes zu photographieren. Wie das Band von hellen Fäden, so ist der Blitz von einer Reihe mehr oder minder hell leuchtender Linien durchzogen, deren Zahl keine bestimmte ist. — Die wellenförmigen Krümmungen der Linien sind einander parallel, der Abstand bleibt immer derselbe. In der Mitte des Blitzes befindet sich ein bisher unerklärter, dunkler, breiter Zwischenraum. Auch die merkwürdigen, horizontal und parallel gehenden Seitenstrahlen des Anfangsblitzes, die denselben aber kaum berühren, entbehren bisher einer bestimmten Erklärung, wie überhaupt die ganze Erscheinung noch viel Rätselhaftes darbietet

Sicher ist wohl nur, dass der Wind eine Hauptrolle bei dieser Blitzform spielt.

Jede Blitzentladung dauert bedeutend längere Zeit als die, welche wir auf physikalischem Wege herstellen können. Man kann also eine mehrfache Entladung in sehr kurzen Zwischenräumen annehmen, mag diese nun von oben nach unten allein oder auch, wie Prof. Kayser annimmt, abwechselnd nach unten von oben und von unten nach oben vor sich gehen. — Treibt nun der Wind, der damals aus WSW kam — die Photographie ist in Südrichtung aufgenommen — den erhitzten Luftkanal des Anfangsblitzes zur Seite, so kann eine solche Erscheinungsform wie der Bandblitz entstehen. — Die Windstärke, zur Zeit des Gewitters auf der Deutschen Seewarte gemessen, betrug 14 *m* in der Sekunde, doch wird dieselbe in den höhern Regionen, von denen der Blitz ausging, eine bedeutend grössere gewesen sein, und dürften die aufeinanderfolgenden Ent-

ladungen des 10 *m* breiten Blitzes innerhalb einer halben Sekunde erfolgt sein.

Mir ist eine besonders lange Dauer des Blitzes nicht aufgefallen, dagegen war der Donner, der gleich darauf erfolgte, von einem gewaltigen Krachen begleitet.

Die Sternwarte selbst war, wie Augenzeugen berichten, von einem Flammenmeere umgeben, ohne dass der Schlag ausser in den Telephon- und Telegraphenleitungen ernstlichen Schaden anrichtete.«

Böenstudien gelegentlich des Gewitters vom 22. Juni 1898 hat R. Börnstein angestellt[1]). Jener Tag zeichnete sich durch eine ungewöhnlich grosse Zahl von Gewittern, sowie auch dadurch aus, dass die Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes in den Barogrammen mehrerer deutscher Stationen aufgezeichnet wurde. Unter den Gewittern hatte die grösste Stärke und Ausdehnung eines, welches zur Mittagszeit zwischen dem obern Rheine und der Ems begann und ostwärts fortschreitend mit erheblich gegen N und S verlängerter Front seine grösste Erstreckung (von Mecklenburg bis zur bayrischen Nordgrenze) um 9 h nachmittags erreichte, um dann nach rascher Verkürzung der Front gegen Mitternacht am untern Teile der Oder zu enden. Diesem Gewitter gehören sechs Barogramme an, deren eines (Uslar) einem Richard'schen Aneroidbarographen entstammt, während an den übrigen Stationen Sprung'sche Laufgewichtsbarographen funktionierten. Die Kurven erscheinen in ihren Einzelnheiten recht wohl vergleichbar, jede zeigt eine zweimalige Druckzunahme mit ähnlichen Formen, nur die zweite der »Gewitternasen« tritt an vier Stationen in spitzer Gestalt auf, während sie in Magdeburg und Berlin N breit und niedrig ist, dabei aber doch überall ungefähr gleich lange gedauert hat. Behufs genauerer Darstellung des Fortschreitens der ganzen Erscheinung hat Börnstein für die mittelste (höchste) Spitze dieser zweiten »Gewitternase« die Eintrittszeit so genau, als es die Barogramme gestatteten, bestimmt und für die unten geschilderte Rechnung folgende Zahlen benutzt:

	Geographische Länge	Geographische Breite	Eintrittszeit des Maximums der zweiten »Gewitternase«
Uslar	9° 38′	51° 40′	6h 44m nachm.
Magdeburg	11 37 56.2″	52 7 46.3″	9 5 »
Potsdam	13 3 45	52 22 56	10 47 »
Spandau	13 14 3	52 31 43	11 3 »
Berlin W	13 24 5	52 31 2.8	11 13 »
Berlin N	13 22 58	52 31 54.3	11 15 »

Für die Berechnung wurde angenommen, dass die in den Barogrammen zur Wahrnehmung gekommene Erscheinung an der als eben gedachten Erdoberfläche mit gleichbleibender Richtung und

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 1.

Geschwindigkeit fortgeschritten sei. Ferner wurde auf Grund der bisherigen Erfahrung und der im vorliegenden Falle gezeichneten Isobronten vorausgesetzt, dass die Fortschreitungsrichtung senkrecht zur Gewitterfront, resp. Böenlinie stehe, wobei als »Böenlinie« insbesondere diejenige zu denken ist, welche den für die Messung ausgewählten höchsten Punkt der zweiten »Gewitternase« enthält und mit ihm fortschreitet.

Nach von Börnstein entwickelten Formeln wurden durch Einsetzen der aus sämtlichen Barogrammen gewonnenen Werte die mittlern Beträge der Geschwindigkeit und Richtung der Böenlinie für die ganze Strecke von Uslar bis Berlin N berechnet, hierauf nach Weglassung von Uslar das Gleiche für Magdeburg bis Berlin N, und zuletzt nach Weglassung auch von Magdeburg das Nämliche für die Berliner Umgegend allein (Potsdam—Berlin N). Die Ergebnisse sind:

	v	$180^\circ - \alpha$
Uslar bis Berlin N . . .	56.3 *km* in der Stunde	47° 36′
Magdeburg bis Berlin N .	58.2 » » » »	58 50
Potsdam bis Berlin N . .	62.3 » » » »	57 10

Die Winkel $180^\circ - \alpha$ geben die Neigung der Böenlinie gegen die Richtung OW an und zeigen, dass die Böe hinter Magdeburg etwas nach rechts, hinter Potsdam ganz wenig nach links schwenkte. Demgemäss erscheint die Geschwindigkeit um so grösser, je kürzer die betrachtete Strecke ist, denn um so mehr entspricht die Voraussetzung unverändert bleibender Richtung der Wirklichkeit, während auf der längern Strecke die Böe Schwankungen der Fortschreitungsrichtung zeigte, die eine grössere Geschwindigkeit erforderten, als bei geradem Wege in der gleichen Zeit nötig gewesen wäre. Immerhin weichen aber die Zahlen nicht so stark voneinander ab, dass man unter Berücksichtigung der bei den Zeitangaben erreichbaren Genauigkeit unsere vorausgeschickte Annahme konstanter Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung als bedenklich ansehen müsste.

Zeichnet man hiernach die Böenlinie in die Karte hinein, so ergiebt sich eine Frontlänge von mindestens 70 *km*, denn so gross ist der Abstand derjenigen beiden Punkte, mit welchen sie über Uslar und über Potsdam gegangen ist. Als gesamte, aus den Barogrammen nachweisbare Weglänge ergiebt sich eine Strecke von etwa 260 *km*.

Die Jahresperiode der Gewitter an der mittlern norwegischen Küste. In den meteorologischen Lehrbüchern findet sich die Bemerkung, dass in Bergen die Gewitter im Winter häufiger sind als in den andern Jahreszeiten. Nach Mohn ist dies ein Irrtum [1]), denn im Mittel der Jahre 1867—1883 ergiebt sich folgendes:

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899, p. 328.

Häufigkeit der Gewitter	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Küste Söndre Bergenhus %	6.8	3.6	1.6	0.5	3.4	9.1	23.5	25.5	7.8	9.4	5.9	2.9	100
Küste Nordre Bergenhus %	11.9	3.1	3.1	2.8	3.8	5 2	16.4	14.9	11.5	12.6	8.4	6.3	100

Die neueste Statistik giebt für Bergen:

Zahl der Tage mit Gewitter

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Bergen	0.4	0.1	0.1	0.0*	0.2	0.2	0.4	0.9	0.3	0.4	0.3	0.3	3.6

Die Gewitter in Ungarn sind auf Grund 25jähriger Aufzeichnungen (1871—1895) an den dortigen meteorologischen Stationen von Dr. Héjas untersucht worden. Aus der in ungarischer Sprache erschienenen Originalabhandlung giebt S. Róna einen Auszug, dem das Nachstehende entnommen ist[1]).

Gang des Luftdruckes an Gewittertagen. »Während der 25 Jahre wurden in Budapest insgesamt 562 Gewitter beobachtet, in 467 Fällen sind charakteristische Schwankungen der Kurven bemerkbar (83.1%), in 80 Fällen zeigt die Kurve keine besondern Merkmale (14.2%), und 15 Fälle sind unentschieden (2.7%), weil die Barogramme fehlen. Es treten also die meisten Gewitter mit stärkern Luftdruckschwankungen auf. Die Gewitterkurven geben ein mannigfach gestaltetes Bild, das von kleinen Vibrationen bis zu gewaltigen, mehrere Millimeter betragenden Sprüngen variiert. Der Form nach können sie in zwei Typen gereiht werden, je nachdem die Schwankungen sprungweise oder wellenartig auftreten, und zwar sind die ersten häufiger; allgemein dominiert in beiden Fällen die steigende Tendenz. Die Hinzuziehung der Aufzeichnungen über den Zeitpunkt des Gewitteranfanges ergiebt, dass der Ausbruch des Gewitters mit dem Anfange der Barometerschwankung in der überwiegenden Zahl der Fälle übereinstimmt, und dass die Kurve vor dem Gewitter fallend, hingegen nach dem Gewitter steigend ist. Anderseits wurde die Zusammengehörigkeit der Gewitter und typischer Luftdruckschwankungen durch Beantwortung der umgekehrten Frage untersucht, ob auch jeder typischen Schwankung ein Gewitter entspricht. Es fanden sich 226 solche Luftdruckkurven vor, die ähnliche charakteristische Schwankungen zeigen wie die Gewitterkurven. Darunter sind 88 Fälle, in denen Gewitter zu einer frühern Stunde waren; in allen andern Fällen fand kein Gewitter statt, sondern es kamen heftige Niederschläge, Windstösse, plötzliche Trübungen vor, oder es wurden aus andern Landesteilen Gewitter gemeldet. Sehr gering ist die Zahl jener Kurven, deren typische Schwankungen von keinerlei besondern Wettererscheinungen begleitet waren.

Da es auch solche Gewittertage giebt, an welchen die Barometerkurve überhaupt keine bemerkbaren Zeichen trägt, so kann man die erwähnte typische Schwankung nicht als unbedingte Folge des Gewitters betrachten, sondern die Quelle derselben ist in solchen Störungen der Atmosphäre zu suchen, welche sich gleichzeitig auch bei Gewittern zu äussern pflegen.

Eine detaillierte Untersuchung über den Zusammenhang der Regenmenge mit den Gewittern führte zu dem numerischen Nachweise der Thatsache, dass die Sommerregen meist gewitterlichen Ursprunges sind. Von

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 219.

den Monatsummen des Regens entfällt in Prozenten auf Gewitterregen (in Budapest):

März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
4.1	14.4	43.1	60.7	51.1	48.5	20.7	6.1%

Besonders auffallend ist der Umstand, dass das Regenmaximum im Juni hauptsächlich den Gewittern zuzuschreiben ist.«

Geographische Verteilung der Gewitter. »Am zahlreichsten sind die Gewitter in dem Küstengebiete der Adria, in den Ausläufern der steirischen Alpen, in den nordöstlichen Karpathen, den Biharer Bergen und überhaupt in bewaldeten Gebirgsgegenden und einigen sumpfigen Gebieten des Alfölds, während gewitterarm sind: das kleine ungarische Tiefland, der obere Teil des Donau-Theiss-Gebietes, die Gegend zwischen der Maros und Körös und überhaupt das gleichförmige und baumarme Flachland.«

Der jährliche Gang der Gewitter. »Von jedem Jahre wurden sämtliche Gewitter nach Monaten tabellarisch zusammengestellt, und hierbei zeigte sich, dass die Gewitter zu Ende des Frühlings und Anfang des Sommers am häufigsten aufzutreten pflegen. In Prozenten des Jahresmittels ist die Verteilung der Gewitter auf die einzelnen Monate folgende:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
0.1	0.4	1.3	5.7	16.2	25.8	23.3	17.0	6.9	2.4	0.6	0.3

Ein ausgesprochenes Maximum im Juni — auf diesen Monat entfallen ein Viertel sämtlicher Gewitter — und ein Minimum im Januar charakterisieren den Gang der Gewitter. Auch von den Tagen mit Wetterleuchten wurde der jährliche Gang dargestellt, und abweichend von dem Gange der Gewitter ist das Maximum des Wetterleuchtens im August; im allgemeinen gehört diese Erscheinung vornehmlich der heissen Sommerjahreszeit und dem Sommerende an.

Es zeigt sich in eklatanter Weise, dass das Maximum der Gewitterhäufigkeit überwiegend auf den Juni fällt. Durch Berechnung von Pentadenwerten wurde der Zeitpunkt der maximalen Gewitterhäufigkeit noch genauer angegeben, und zwar auf die erste Junipentade; ein zweites Maximum der Gewitterhäufigkeit folgt dann in der ersten Julipentade. Im ganzen besteht zwischen dem Gange der Gewitter und jenem der Temperatur ein Parallelismus, jedoch erreichen die Gewitter früher ihren Kulminationspunkt als die Temperatur.«

Héjas findet eine nennenswerte Zunahme der Gewitter zu Ende der 80er Jahre und in den 90er Jahren. In den 70er Jahren und der ersten Hälfte der 80er Jahre entfielen durchschnittlich auf eine Station 21 bis 22 Gewittertage — die Zahl stieg in der zweiten Hälfte der 80er Jahre auf 23, in den 90er Jahren auf 24. Die Zunahme kann nicht auf Rechnung einer sorgfältigern Beobachtung gestellt werden, weil sie auch bei solchen Stationen zur Geltung kommt, an denen derselbe Beobachter während des ganzen Zeitraumes verblieb. Im übrigen lässt sich hieraus keine Schlussfolgerung für die Zukunft ziehen, denn es ist nicht erwiesen, dass die Gewitterhäufigkeit auch fernerhin im Wachsen begriffen ist.

Die mangelhafte Aufzeichnung der Gewitterbeobachtungen tritt erst recht zu Tage, wenn der tägliche Gang der Gewitter bestimmt werden soll, denn in den wenigsten Fällen ist der genaue Zeitpunkt des Gewitterausbruches angegeben. Der Verf. musste sich mit ungefähr 20 Stationen begnügen, um die Tagesperiode abzuleiten. Die Stationen wurden in westliche und östliche geteilt, wobei der untere Lauf der Theiss — gegen N verlängert — als Grenzlinie angenommen wurde.

Aus der Zahlenreihe erhellt, dass Gewitter zum überwiegenden Teile den Nachmittagsstunden angehören, und zwar fällt das Maximum auf 1—5^h nachmittags. Unverkennbar tritt das Maximum der Gewitterhäufig-

keit im O zu einer frühern Tagesstunde — um 2^h nachmittags — ein, als im W — um 4^h nachmittags. Dem zu Folge ist der aufsteigende Ast der Tageskurve im O auch erheblich steiler als im W.

Zur Feststellung der Richtung der Gewitterzüge wäre das Material auch zu mangelhaft, wenn dieselbe nicht schon aus den Aufzeichnungen weniger guter Stationen mit ziemlicher Sicherheit zu konstatieren wäre. An zwölf Stationen ist die Zugrichtung von 4061 Gewittern verzeichnet; davon entfallen in Prozenten auf die einzelnen Himmelsrichtungen:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
8.1	7.2	7.6	8.9	14.1	23.2	19.3	11.6%

Zumeist kommen Gewitter aus SW und dem angrenzenden W und S, am seltensten kommen sie aus NO.

Den Jahrbüchern des königlich ungarischen statistischen Amtes ist eine interessante Statistik über zündende Blitze entnommen, wobei auch deren Verhältnis zu sämtlichen Feuerschäden berücksichtigt wurde. In der folgenden Zusammenstellung verstehen wir unter »Fälle« die Anzahl der zündenden Blitze, unter Prozente aber dieselbe, ausgedrückt in Prozenten sämtlicher Feuerschäden:

Zündende Blitze.

Jahr	Fälle	%	Jahr	Fälle	%	Jahr	Fälle	%
1881	100	1.80	1886	319	3.16	1891	302	2.76
1882	142	1.79	1887	236	2.23	1892	350	3.17
1883	195	2.49	1888	232	2.03	1893	233	2.22
1884	229	2.66	1889	258	2.50	1894	333	2.93
1885	192	1.98	1890	265	2.13	—	—	—
1881—1885	172	2.14	1886—1890	262	2.41	1891—1894	304	2.77

Eine flüchtige Betrachtung dieser Zahlen zeugt schon für eine wachsende Tendenz der zündenden Blitze in den letzten Jahren. Bezüglich ihrer territorialen Verbreitung lässt sich allgemein sagen, dass durch Blitz entstandene Feuerschäden in den Ausläufern der Alpen am häufigsten und im SO der grossen ungarischen Tiefebene am seltensten vorkommen.

An der Hand der synoptischen Wetterkarten untersuchte Héjas jene Isobarenformen, welche den Gewitterbildungen besonders günstig sind. Zu diesem Zwecke wurden aus dem Dezennium 1886—1895 die Karten solcher Tage genommen, an welchen die meisten Gewitter beobachtet wurden. Solche fanden sich in diesem Zeitraume insgesamt 330. Letztere wurden dann in Typen eingereiht, woraus sich folgende Schlussfolgerungen ergaben: In erster Reihe sind Gewitter am häufigsten, 1. wenn zwischen einem westlichen und östlichen Barometermaximum in Ungarn der Luftdruck verhältnismässig niedrig ist, 2. wenn sich ein Maximum aus dem Golfe von Biscaya bis zu den Alpen erstreckt, ein tiefes Minimum im NW liegt, und gleichzeitig über Oberitalien eine flache Depression zur Entwickelung kommt, die ihren Weg gegen Ungarn nimmt, 3. wenn Ungarn selbst der Schauplatz einer geschlossenen Depression ist, oder eine Depression grösserer Ausdehnung ganz Mitteleuropa bedeckt, 4. wenn bei geringen Druckdifferenzen in Europa ziemlich gleichmässig hoher Luftdruck lagert.

Ausserdem lässt sich konstatieren, dass eine auf das ganze Land sich erstreckende Gewitterbildung zum Ausbruche kommt, wenn sich in Ungarn eine geschlossene Depression befindet, oder wenn Ungarn in das Gebiet eines niedrigen Druckes von grosser Ausdehnung gehört — während lokale, sich auf isolierte Landstrecken beschränkende Gewitterbildungen an der Tagesordnung sind, wenn die Luftdruckverteilung bei ziemlich hohem Barometerstande eine gleichmässige ist.«

Die Zunahme der Blitzgefahr während der letzten 60 Jahre bildete den Gegenstand einer neuen Untersuchung von Prof. W. v. Bezold[1]).

Als Verf. 1869 zum erstenmale den Versuch machte, die Brandversicherungsstatistik für die Gewitterkunde zu verwerten, fiel ihm sofort auf, dass die Zahl der Beschädigungen durch Blitz, welche versicherte Gebäude getroffen hatten, seit Anfang der vierziger Jahre in dem von ihm untersuchten Gebiete, d. h. in Bayern rechts des Rheines, wenn auch mit periodischem Nachlassen, so doch im grossen und ganzen in beinahe stetiger Zunahme begriffen war.

Wiederaufnahme der gleichen Untersuchung in den Jahren 1874 und 1884 ergab, dass diese Zunahme bis zu den zuletzt genannten Zeitpunkten immer noch fortdauerte.

Inzwischen hatte man auch anderwärts dieser Thatsache Aufmerksamkeit geschenkt, und hatte insbesondere Gutwasser den Nachweis geliefert, dass im Königreiche Sachsen die gleiche Erscheinung, und zwar in noch erhöhtem Masse, hervorgetreten sei. Am nachdrücklichsten aber hat sich später, wenn auch wesentlich von dem Standpunkte des Versicherungswesens aus, der Direktor des Feuerversicherungs-Verbandes in Mitteldeutschland, Kassner, mit dem Gegenstande beschäftigt und zuerst im Jahre 1889 und dann im Jahre 1892 hierauf bezügliche umfangreiche statistische Zusammenstellungen veröffentlicht

In der ersten dieser Abhandlungen hat nur Mitteldeutschland Berücksichtigung erfahren, während in der zweiten die Untersuchung auf ganz Deutschland ausgedehnt wurde.

Dabei ergab sich, dass die von Bezold zuerst für Bayern nachgewiesene Zunahme der Blitzgefahr sich auf ganz Deutschland erstreckt, und dass bei einer Zerfällung in die zwei Abschnitte von 1876—1883 und von 1884 bis 1891 nur ganz vereinzelte Gebiete eine noch dazu höchst unbedeutende, vermutlich nur vorübergehende Abnahme zeigen.

Im Hinblicke auf diese Ergebnisse, sowie auf eine erst kürzlich von Th. Arendt veröffentlichte Abhandlung, hat Prof. v. Bezold nunmehr untersucht, wie sich die Verhältnisse in dem von ihm zuerst ins Auge gefassten Gebiete, nämlich in Bayern, seit seiner letzten Veröffentlichung gestaltet haben.

Abgesehen davon, dass für Bayern die Angaben weiter zurückreichen, als für irgend ein anderes der bisher in Betracht gezogenen und wegen der anderwärts mangelnden Aufzeichnungen wohl überhaupt in Betracht zu ziehenden Länder, eignen sich die aus diesem Gebiete stammenden Zahlen besonders gut für strengere Untersuchungen, da für Bayern auch die Zahl der versicherten Gebäude für jedes Jahr zur Verfügung steht.

Dadurch wird es möglich, die Zahl der Blitzschläge in versicherte Gebäude immer auf einen bestimmten Normalstand zu reduzieren, was bei den von Kassner mitgeteilten Zahlen nur für lange Zeiträume möglich ist.

Eine solche Reduktion auf eine Normalzahl, als welche Prof. v. Bezold eine Million versicherter Gebäude gewählt hat, ist aber unerlässlich, wenn man von den Schwankungen der Blitzgefahr im Laufe der Jahre ein klares Bild erhalten will. Die von Prof. v. Bezold erhaltenen Zahlen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuss. Akad. d. Wiss. 1899. p. 291.

Schadenblitze im Königreich Bayern.

Jahr	Versicherte Gebäude in Tausenden	Zahl der Blitzschläge mit Gebäudebeschädigung	Anzahl der Fälle pro Million Gebäude		Wolf'sche Relativzahlen	
			roh	abgerundet	roh	abgerundet
1833	1021	17	16.6		8.5	
34	1025	57	55.7	43.3	13.2	23.0
1835	1061	48	45.3	40.0	56.9	62.2
36	1083	15	13.9	*27.5*	121.8	109.7
37	1085	40	36.9	27.9	**138.2**	**125.3**
38	1085	26	24.0	29.3	103.1	107.6
39	1088	35	32.2	31.7	85.8	84.5
1840	1090	42	38.6	33.7	63.2	62.2
41	1095	28	25.6	27.7	36.8	40.2
42	1098	23	21.0	22.3	24.2	24.0
43	1102	24	21.8	*21.6*	10.7	15.2
44	1109	24	21.7	24.8	15.0	21.2
1845	1115	38	34.1	34.7	40.1	39.2
46	1121	55	49.1	39.9	61.5	65.4
47	1128	31	27.5	32.4	98.4	95.6
48	1133	29	25.6	25.0	**124.3**	**110.7**
49	1136	25	22.0	*24.0*	95.9	95.6
1850	1139	30	26.4	26.8	66.5	73.4
51	1142	37	32.4	34.1	64.5	62.4
52	1144	52	45.5	45.2	54.2	53.0
53	1144	60	57.7	47.8	39.0	38.2
54	1147	38	33.1	*42.2*	20.6	21.7
1855	1152	52	45.1	47.5	6.7	9.6
56	1156	76	65.7	58.6	4.3	9.5
57	1159	67	57.8	58.4	22.8	26.2
58	1163	61	52.5	53.9	54.8	56.6
59	1171	62	52.9	51.2	93.8	84.5
1860	1180	55	46.6	*50.0*	**95.7**	**90.6**
61	1183	64	54.1	51.9	77.2	77.3
62	1193	63	52.8	57.1	59.1	59.8
63	1206	83	68.8	61.3	44.0	48.5
64	1226	67	54.7	62.4	46.9	42.1
1865	1244	89	71.5	59.3	30.5	31.0
66	1264	50	39.6	*57.3*	16.3	17.6
67	1278	99	77.5	76.7	7.3	17.0
68	1281	144	112.4	92.0	37.3	39.0
69	1292	85	65.8	76.2	73.9	81.0
1870	1302	79	60.7	*68.8*	**139.1**	**115.8**
71	1307	115	88.0	79.3	111.2	**115.8**
72	1315	106	80.6	94.1	101.7	95.2
73	1328	169	127.2	105.3	66.3	69.7
74	1344	116	86.3	104.5	44.6	43.2
1875	1358	161	118.6	98.3	17.1	22.5
76	1260	89	70.7	90.2	11.3	13.0
77	1279	129	100.9	*89.8*	12.3	9.8
78	1300	113	86.9	91.1	3.4	6.3
79	1320	119	90.2	*87.5*	6.0	11.9
1880	1339	111	82.9	93.7	32.3	31.2
81	1357	162	119.4	103.5	54.3	50.1
82	1374	128	92.4	99.1	59.6	59.3

Jahr	Versicherte Gebäude in Tausenden	Zahl der Blitzschläge mit Gebäude-beschädigung	Anzahl der Fälle pro Million Gebäude		Wolf'sche Relativzahlen	
			roh	abgerundet	roh	abgerundet
1883	1408	130	92.3	*96.6*	**63.7**	**62.6**
84	1424	156	109.6	112.2	63.5	60.7
1885	1440	198	137.5	143.4	52.2	48.3
86	1456	275	188.9	151.1	25.4	29.0
87	1471	131	89.1	*127.9*	13.1	14.6
88	1488	215	144.5	168.2	6.8	8.2
89	1503	443	294.8	221.6	6.3	6.6
1890	1777	271	152.5	191.8	7.1	14.0
91	1795	300	167.2	*169.3*	35.6	38.0
92	1814	345	190.2	172.0	73.8	67.1
93	1835	258	140.6	*154.4*	**85.2**	**79.2**
94	1855	271	146.1	164.3	72.5	73.6
1895	1875	421	224.5	199.0	64.0	60.2
96	1900	382	201.0	215.2	40.5	42.8
97	1926	451	234.2		26.3	

In dieser Tabelle findet man zunächst die betreffenden Jahreszahlen, wobei jedoch zu bemerken ist, dass sich die Zahlen der vier folgenden Vertikalzeilen nicht auf das Kalenderjahr beziehen, sondern auf das mit dem 1. Oktober beginnende Versicherungsjahr. Da jedoch die Monate Oktober bis Dezember im allgemeinen sehr gewitterarm sind, so ist der Unterschied zwischen den auf das Versicherungsjahr und auf das ein Vierteljahr später beginnende Kalenderjahr treffenden Fällen meist nur sehr geringfügig, so dass man die in der Tabelle aufgeführten Jahreszahlen ohne nennenswerten Fehler als auf das Kalenderjahr bezüglich betrachten kann.

Die zweite Vertikalreihe enthält die Zahl der versicherten Gebäude nach Tausenden.

Die dritte Kolumne giebt die Zahl der Fälle, in welchen versicherte Gebäude in dem betreffenden Jahre durch Blitz beschädigt wurden, ohne Rücksicht darauf, ob der Blitz zündete, oder ob er nur als sogenannter kalter Schlag einen Schaden verursacht hat, für dessen Ersatz die Versicherungsanstalt aufkommen musste.

In der vierten Kolumne findet man alsdann die Zahl der Schadenblitze, welche nach Berechnung aus den Angaben der beiden vorangehenden Vertikalzeilen auf eine Million Gebäude trafen.

Da sich aus derartigen rohen Zahlen allmähliche gesetzmässige Änderungen wegen der ihnen innewohnenden Zufälligkeiten nur schwer erkennen lassen, so wurden sie nach der bekannten Formel $\frac{a + 2b + c}{4}$ abgerundet, worin a, b, c die auf drei aufeinanderfolgende Jahre bezüglichen Werte der vierten Kolumne bedeuten. Die so erhaltenen Werte enthält die fünfte Vertikalreihe.

In dieser Reihe sind alle Minima durch den Druck hervorgehoben.

»Die beiden folgenden Kolumnen,« fährt Prof. v. Bezold fort, »enthalten Zahlen ganz anderer Natur, nämlich die Wolf'schen Relativzahlen für die Häufigkeit der Sonnenflecken nach der Zusammenstellung, welche Wolfer im Jahrgange 1892 der Deutschen Meteorologischen Zeitschrift veröffentlicht hat, sowie vom Jahre 1891 an nach den von dem gleichen Forscher regelmässig in derselben Zeitschrift mitgeteilten Angaben, die vom Jahre 1885 an freilich nur als vorläufige zu betrachten sind. Dabei

sind auch diese Zahlen in der sechsten Vertikalreihe zunächst roh und in der siebenten abgerundet gegeben, wobei die nämliche Formel verwendet wurde, wie bei der fünften Kolumne. In beiden Kolumnen sind die Maximalwerte durch den Druck hervorgehoben.

Die Beifügung der Wolf'schen Relativzahlen geschah deshalb, wie Prof. v Bezold schon bei seiner allerersten Arbeit über diesen Gegenstand aufgefallen war, dass die Kurve der Blitzgefahr in einem Zusammenhange mit jener der Sonnenflecken zu stehen schien.

»Es war mir deshalb,« sagt er, »nicht nur von Interesse zu sehen, ob die früher nachgewiesene Steigerung der Blitzgefahr seit 1883 noch weiter fortgeschritten sei, sondern auch, ob meine damals ausgesprochene Vermutung eines Zusammenhanges zwischen den Gewittern und den Vorgängen an der Sonnenoberfläche, bezw. zwischen Gewittern und Nordlichtern eine weitere Bestätigung erfahren habe.

Diese letztere Frage drängt sich mir um so mehr auf, nachdem in allerneuester Zeit Niels Ekholm und Svante Arrhenius in ihrer soeben erschienenen Abhandlung über die nahezu 26tägige Periode der Polarlichter und Gewitter höchst merkwürdige Beziehungen zwischen diesen beiden Gruppen von Erscheinungen nachgewiesen haben.«

Wie sich die Antwort gestaltet, dies ersieht man sowohl aus der bereits besprochenen Tabelle als auch aus einer im Original gegebenen Figur.

In dieser Figur stellt die obere Kurve den Gang der abgerundeten Wolf'schen Relativzahlen dar, und zwar durch abwärts gerichtete Ordinaten, so dass die tiefsten Stellen den Maximalwerten entsprechen; die untere Kurve versinnlicht den Gang der Blitzgefahr ebenfalls in abgerundeter Weise, d. h. nach den Werten der fünften Vertikalreihe der Tabelle.

Sie lehren, dass nicht nur die Blitzgefahr auch während der Jahre 1883—1897 eine ganz beträchtliche Zunahme erfahren hat, sondern dass auch die frühere Vermutung, wonach einem Maximum der Sonnenflecken ein Minimum in der Kurve der Blitzgefahr entsprechen sollte, in den Jahren 1883 und 1093 abermals eine Bestätigung erfahren hat.

Über die etwaige Abhängigkeit der Gewitter an der deutschen Nordseeküste von den Gezeiten hat G. Hellmann eine Untersuchung angestellt[1]). An der ganzen dortigen Küste, vielleicht noch darüber hinaus, ist allgemein der Glaube verbreitet, dass die Gewitter vorzugsweise mit der Flut aufkommen. Sieht es nach einem Gewitter aus, so fürchtet man es nicht, wenn das Wasser fällt, glaubt vielmehr, dass es erst die nächste Flut bringen wird. Dieser Auffassung ist Hellmann an vielen Orten der deutschen Nordseeküste begegnet, und zwar bei den verschiedensten Berufsklassen, ganz besonders aber in Wyk auf Föhr.

Es war daher längst sein Wunsch, genauer festzustellen, was von diesem Glauben zu halten sei. Nachdem nun von Wyk selbst eine zehnjährige Reihe vorzüglicher meteorologischer Beobachtungen von G. Weigelt vorliegen, hat er diese Untersuchung ausgeführt.

»Wyk, das an der SO-Ecke der Insel Föhr, also ziemlich in der Mitte der nordfriesischen Inselwelt liegt, hatte in den zehn Jahren von 1888—1897 200 Tage mit Gewittern, an denen 209 Einzelgewitter verzeichnet wurden. Für jedes derselben wurde der Zeitunterschied zwischen dem Ausbruche (erster Donner) und dem vorher-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1899. p. 85.

gehenden Niedrigwasser ermittelt. Indem Verf. diese Differenzen nach einstündigen Intervallen ordnete, fand er folgendes Resultat:

Häufigkeit des Ausbrechens der Gewitter nach Niedrigwasser

0—1h	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12
10	17	25	12	22	17	16	21	11	19	22	17

Danach nimmt zwar in den ersten drei Stunden nach Niedrigwasser die Häufigkeit der Gewitter entschieden zu, allein dieselbe ist bei fallendem Wasser im Durchschnitte ungefähr ebenso gross wie bei steigendem. Den 103 Gewittern bei steigendem Wasser ($0-6^h$) stehen 106 bei fallendem ($6-12^h$) gegenüber. Von einer ausgesprochenen Vorliebe der Gewitter für die Flut, wie sie von der Bevölkerung der deutschen Nordseeküste angenommen wird, kann hiernach also keine Rede sein.

Gruppiert man obige Zahlen in der Weise, dass die beiden Stunden um Hochwasser, um Niedrigwasser u. s. w. zusammengefasst werden, so ergiebt sich folgendes Verhältnis:

1	Stunde	vor	bis	1 Stunde	nach	Niedrigwasser	27	Gewitter
1	»	»	»	3 Stunden	»	»	42	»
3	»	»	»	5 »	»	»	34	»
1	»	»	»	1 Stunde	»	Hochwasser	33	»
1	»	»	»	3 Stunden	»	»	32	»
3	»	»	»	5 »	»	»	41	»

Hiernach war die Zeit des Niedrigwassers am gewitterärmsten, während in den nächsten beiden Stunden vorher und nachher die Gewitter am häufigsten auftraten.

Es muss weitern Untersuchungen vorbehalten bleiben, ob diesem Verhalten etwas Gesetzmässiges zu Grunde liegt, oder ob nur unausgeglichene Zufälligkeiten vorliegen, die bei einer längern Beobachtungsreihe verschwinden.

Das photographische Spektrum des Nordlichtes. Seit 1886 sind am Harvard-College-Observatorium zu Cambridge vielfach Versuche gemacht worden, Photographien des Nordlichtspektrums zu erhalten, aber ohne Erfolg. Erst am 1. April 1897 gelang es Ed. S. King, eine solche zu erhalten, auf der vier helle Linien sichtbar sind, allein es war nicht möglich, die Wellenlängen dieser Linien zu bestimmen. Während des prächtigen Nordlichtes vom 15. März 1898 machte derselbe Beobachter neue Versuche und erhielt nach einer Expositionsdauer von 141 Minuten zwei helle Streifen auf der Platte. Der eine liegt zwischen den Wellenlängen 3892 und 3925, der andere hat ungefähr die Wellenlänge 4285. Unter der Annahme, dass die beiden hellsten Linien von 1897 identisch sind mit denjenigen von 1898, ergeben sich für die Wellenlänge der erstern die Werte 3862, 3922, 4288 und 4694 [1]).

---

[1]) Ciel et Terre 1893. No. 5. p. 149.

Die geometrischen Verhältnisse des Nordlichtes am Abende des 9. September 1898 hat Prof. Reimann untersucht[1]). Er findet aus mehrern Kombinationen für die Höhe der Strahlen 66 Meilen. Der Südrand des Nordlichtsbogens würde die Westküste von Schleswig zwischen Föhr und Sylt geschnitten haben. Was die Längenerstreckung des Phänomens von O nach W betrifft, so liegt eine Anzahl Beobachtungen vor, welche eine genauere Bestimmung des Ostrandes um $9^h\ 45^m$ abends erlauben. Mitteilungen aus den östlicher gelegenen Beobachtungsorten Warnemünde, Hirschberg und Brünn ergeben als Azimut des rechten Randes der östlichsten Strahlen oder der noch erkennbaren Helle, resp. 56, 30 und 20° von N nach O. Hieraus folgt eine geographische Breite von etwas über 56° und eine Länge von etwa 39°, was der Gegend östlich der Verbindungslinie von Memel und Libau entsprechen würde. Nach den Beobachtungen in Hirschberg und den westlichen Orten Deutschlands fiel das westliche Ende auf den Atlantischen Ozean westlich von Irland. Leider fehlen zu einer genauern Bestimmung Beobachtungen aus Frankreich und von den Britischen Inseln.

Schliesslich hat Prof. Reimann auch versucht, die Breite des Nordlichtbogens zu bestimmen. Er hat hierzu vorausgesetzt, dass derselbe gleichmässig in 21 Meilen Höhe über der Erde schwebte, und dass das dunkle Segment der unter dem hellen Bogen weg gesehene, nicht mehr erleuchtete Teil der Atmosphäre ist. »Vom Brocken aus wird die Scheitelhöhe des dunklen Segmentes zu 12 bis 13° und von den Göttinger Beobachtern zu 10, resp. 12—13° angegeben. Es würde in runder Zahl eine Breite von 60 Meilen folgen, so dass sich sowohl der südliche Teil von Schweden, als auch Dänemark und Schottland innerhalb dieser Zone befunden haben müssen. Hiermit steht eine Notiz aus Edinburgh in Einklang, der gemäss dort in der That das Schauspiel am nördlichen und östlichen Himmel so brillant wie am südlichen und westlichen gewesen ist.«

Über den Einfluss des Mondes auf die Polarlichter und Gewitter haben N. Ekholm und S. Arrhenius Untersuchungen angestellt[2]).

Nachdem dieselben schon früher[3]) auf Grund von Beobachtungen der täglichen und monatlichen Schwankungen des Potentialgefälles der atmosphärischen Elektrizität den Nachweis geliefert hatten, dass dieses nicht nur eine mondtägliche, sondern auch eine mit dem tropischen Mondmonate gleiche Periode besitzt, unternahmen sie nunmehr, diesen Einfluss des Mondes auf die atmosphärische Elektrizität, wie

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 230.
[2]) K. Svenska Vet. Akad. Handlingar 31. No. 2.
[3]) a. a. O. 29. No. 6.

sich derselbe im Gewitter und dem Polarlichte offenbart, nachzuweisen. Das von ihnen benutzte Beobachtungmaterial ist das umfassendste, über welches gegenwärtig verfügt werden kann. Es umfasst bezüglich der Polarlichter den Zeitraum von 1722 bis 1896. Es wurden hiernach die Anzahl der Tage mit Polarlichtern, als auch die Zahl der für jede Nacht angegebenen Einzelbeobachtungen zusammengestellt, und letztere Zahlen können als ein Index für die Intensität der Erscheinung betrachtet werden. Folgendes ist eine Zusammenstellung dieser Beobachtungszahlen.

	Schweden		Nordamerika (U. S.)	Südliche Halbkugel			
				−16° bis −39° 1783—1894		−40° bis −70° 1773—1895	
	1722—1877	1883—1896	1871—1893				
	Tage	Beobb.	Beobb.	Beobb.	Tage	Beobb.	Tage
Januar .	865	1056	1005	36	29	20	19
Februar .	935	1173	1455	45	22	81	72
März . .	1043	1312	1396	74	25	109	93
April . .	633	568	1724	99	38	49	40
Mai . . .	89	170	1270	30	19	24	21
Juni . .	5	10	1061	30	10	10	9
Juli . . .	25	54	1223	19	15	16	14
August .	365	191	1210	56	19	19	13
September	991	1055	1735	93	29	27	24
Oktober .	1121	1114	1630	165	37	27	18
November	886	1077	1240	81	37	31	27
Dezember.	822	940	912	54	35	27	26

Eine grosse Schwierigkeit bei diesen Untersuchungen bildet die Beseitigung des Einflusses des Mondlichtes. Diese Elimination ist durch zwei Methoden vorgenommen worden. Nach der ersten wurde die grösste vorkommende Zahl in der nach der synodischen Mondperiode geordneten Reihe durch alle übrigen dividiert und mit diesem Quotienten alsdann alle beobachteten Werte entsprechend ihrer Ordnungszahl im synodischen Monate multipliziert, wodurch die Beobachtungsreihe von dem Einflusse der Mondbeleuchtung befreit ist. Die andere Reduktionsmethode gründet sich auf die Beziehung, dass die Anzahl der tropischen Mondumläufe um eines geringer ist als die der synodischen Mondumläufe während eines tropischen Sonnenjahres. Wird diese Analogie fortgesetzt, so gelangt man zu einer Periode U, in welcher die Mondbeleuchtung denselben Einfluss ausüben würde, wie im tropischen Monate.

Das auf solche Weise korrigierte Beobachtungsmaterial wurde nun nach den Tagen des tropischen Mondmonates geordnet, beginnend diesen Monat mit dem Äquatordurchgang des Mondes von Nord nach Süd, so dass auf Tag 7 die südliche Mondwende, auf Tag 13.5 der Äquatordurchgang von Süd nach Nord und auf Tag 20 die nördliche Mondwende fällt. Auf diesem Wege ergab sich eine Tabelle der prozentualen Abweichung der einzelnen Tagesmittel vom jedesmaligen Monatsmittel, von der folgende ein Auszug ist:

Mondstellung	Tage des tropischen Monats	Erste Methode				Zweite Methode			
		Alle Nordlichter		Alle Südlichter		Alle Nordlichter		Alle Südlichter	
		Beobb.	Tage	Beobb.	Tage	Beobb.	Tage	Beobb.	Tage
A_1	0—2	+15.1	+7.9	−21.0	−7.1	+25.8	+20.0	−11.6	−5.1
	3—5	+11.3	+6.9	−3.5	+10.2	+28.6	+22.8	+14.9	+13.7
SW.	6—8	+17.8	+10.7	−34.5	−11.7	+23.2	+16.4	−27.9	−25.1
	9—11	+9.9	+4.6	−23.1	−20.8	+4.0	+2.3	−37.5	−30.6
A_2	12—14	−3.3	+2.9	+24.5	+10.2	−13.4	−10.8	−8.4	−7.6
	15—17	−14.2	−6.5	+46.8	−7.1	−19.3	−14.3	+1.6	−15.2
NW.	18—20	−20.6	−13.0	+6.6	+2.0	−36.4	−22.9	+27.5	+9.4
	21—23	−18.6	−14.9	+0.9	+2.9	−18.7	−17.0	+34.0	+32.5
	24—26	+2.6	+1.4	+3.5	+21.1	+6.3	+3.6	+7.6	+28.0

Sind auch in dieser Tabelle die einzelnen Zahlenwerte streng genommen nicht unmittelbar vergleichbar, so lassen sie doch unverkennbar den starken Einfluss der Monddeklination auf die Entwickelung der Polarlichter erkennen.

Um den Zusammenhang noch genauer zu bestimmen, haben die Verff. eine allgemeine Formel aufgestellt, welche die Beobachtungen vorzüglich darstellt. Bezüglich des Ganges der Luftelektrizität ergiebt sich, dass beide Erscheinungen sowohl hinsichtlich der Amplitude als der Maximalphase, eine völlige Übereinstimmung zeigen. »Zwischen der tropisch-monatlichen Periode des Polarlichtes und derjenigen des Potentialgefälles der Luftelektrizität im typischen Falle besteht ein fast vollkommener Parallelismus, indem die Eintrittszeit des Maximums und des Minimums und die (prozentuell ausgedrückte) Amplitude beider Perioden sehr nahe dieselben sind. Diese Übereinstimmung, führt zu der Vorstellung, dass bei dem Polarlichte eine elektrische Entladung oder Strömung stattfindet, die zwischen den höchsten und den mittlern oder untern atmosphärischen Schichten vor sich geht, und deren Intensität unter übrigens gleichen Umständen dem atmosphärischen Potential proportional ist.« »Hieraus darf jedoch nicht der Schluss gezogen werden, dass diese Entladung oder Strömung sich bis zur Erdoberfläche herab erstreckt. Die Höhe der Nordlichter ist vielmehr, wie sich aus zahlreichen direkten Messungen ergab, eine sehr beträchtliche. Niemals wurde (am Kap Thordsen) das Nordlicht unter den niedrigen Wolken gesehen, und es ist sehr zweifelhaft, ob es (ebendort) jemals unter den obern Wolken beobachtet wurde.« In solchen Höhen stattfindende elektrische Entladungen können wohl nicht mehr direkt von dem an der Erdoberfläche gemessenen Potentialgefälle der Luftelektrizität abhängen, die Nordlichterscheinungen müssen vielmehr durch die zwischen den höchsten und den mittlern oder untern Luftschichten vorhandene Potentialdifferenz verursacht werden. An der Erdoberfläche nimmt das Potentialgefälle der atmosphärischen Elektrizität während der Nordlichterscheinungen, wie Beobachtungen am Kap Thordsen zeigten, fast ausnahmslos von unten nach oben zu (ist also positiv); in den Höhen der Nordlichter dagegen findet, wie Untersuchungen von

Wijkander und Paulsen ergaben, gerade das Gegenteil statt. Es ergiebt sich daraus der von den Verff. in der That gezogene und noch weiter begründete Schluss, dass das elektrische Potential von einer gewissen Höhe in der Atmosphäre aus sowohl nach oben, wie nach unten hin abnimmt; dass ferner Änderungen des Potentialgefälles nach beiden Richtungen hin gleichzeitig erfolgen, und dass endlich die obersten Luftschichten ebenso, wie die Erdoberfläche, mit negativer, die untern Luftschichten dagegen mit positiver Elektrizität geladen sind. Trifft dies wirklich zu, so muss in einer gewissen Höhe eine Luftschicht existieren, innerhalb welcher das Potentialgefälle Null ist. Thatsächlich zeigte sich bei Ballonfahrten, die von S. A. Andrée, Le Cadett, Börnstein und Baschin unternommen wurden, dass mit zunehmender Höhe eine stetige Abnahme des Potentialgefälles der Luftelektrizität stattfindet, und dass dieses bei etwa 3000 *m* Höhe den Wert Null erreicht.

Auf Grund ihrer frühern Untersuchungen über den Einfluss des Mondes auf den elektrischen Zustand der Erde sind die Verff. zu der auch anderweitig ausgesprochenen Ansicht gelangt, dass der Mond ebenso, wie die Erde, elektrisch geladen sein müsse, anderseits besitzen nach dem Obigen auch die obersten Luftschichten negativelektrische Ladung; die letztere muss also entsprechend den Änderungen des Mondstandes in Deklination während des tropischen Monates periodische Schwankungen erleiden. Sie muss für die nördliche Halbkugel einen Maximalwert beim südlichsten Mondstande, einen Minimalwert in der entgegengesetzten nördlichsten Stellung des Mondes erreichen, und eben diese Schwankungen des Potentiales der Luftelektrizität in den obersten Luftschichten sind es, welche die aus den Beobachtungen mit so grosser Sicherheit nachgewiesene tropisch-monatliche Periode in der Häufigkeit der Polarlichterscheinungen verursachen [1]).

Eine 26-tägige Periode der Polarlichter haben N. Ekholm und S. Arrhenius auf Grund des in der vorhergehenden Abhandlung benutzten Materiales nachgewiesen [2]). E. Wagner giebt einen Auszug aus der Arbeit [3]), gemäss welchem der genaue Wert der Periode 25.929 Tage ist. Dieselbe tritt für die skandinavische Halbinsel regelmässig und stark hervor, schwächer für Island und Grönland. Für Nordamerika ist sie kaum nachweisbar, namentlich stellt der grosse wahrscheinliche Fehler bei der Anzahl der Tage ihre Realität als sehr zweifelhaft dar. Dagegen ist sie bei den Südlichtern überraschend gross. Bei der vorliegenden Periode gehen die Nordlichter und Südlichter parallel, wie aus den Eintrittstagen des Maximums für die einfache Periode hervorgeht, während bei der

[1]) Oertel in der Vierteljahrsschrift d. Astronom. Ges. 1899. p. 258.
[2]) K. Svenska Vet Ac. Handlingar 31.
[3]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 383.

tropisch-monatlichen Periode der Polarlichter Nord- und Südhalbkugel einen entgegengesetzten Gang zeigten.

Da die Sonnenrotation als Ursache der nahezu 26-tägigen Periode der erdmagnetischen und meteorologischen Erscheinungen angesehen zu werden pflegt, versuchten die Verff., diese Relation zahlenmässig darzustellen. Eine grosse Schwierigkeit bietet jedoch die Verlangsamung der Rotation auf der Sonnenoberfläche in höhern heliographischen Breiten, welche vom Äquator, wo sie 25.46^d beträgt, bis 75° heliographischer Breite auf 38.55^d ansteigt (nach Dunér). Man kann also nur mit einem Mittelwerte der Rotationszeit, bezw. der Periode der solaren Thätigkeit rechnen, und es schien, dass die Wolff'schen Relativzahlen hierfür ein geeigneter Ausdruck sein dürften. Doch zeigt die Vergleichung dieser Relativzahlen mit den Nordlichtern in Schweden vom 5. Januar 1865 bis 28. September 1896 weder eine Periode von oben ermittelter Länge, noch ein annäherndes Zusammenfallen der Extreme beider Erscheinungen, sondern eher eine Übereinstimmung des Maximums der Relativzahlen mit dem Minimum der Polarlichter. Da jedoch die grosse elfjährige Periode eine Parallelität beider Erscheinungen zeigt, ist hieraus zu schliessen, dass in den vermuteten kürzern Perioden die Parallelität nicht hervortritt.

Auch weder die vom Bigelow ermittelte Periode von 26.68^d, noch die von Buys-Ballot angegebene Periode von 27.684^d, bezw. die von Fritz von 27.687^d, lässt sich bei den Polarlichtern nachweisen, ebenso wenig aber bei den Relativzahlen der Sonnenflecken. Die Verff. halten hiernach einen Zusammenhang der Sonnenrotation mit terrestrischen Phänomenen für ganz unbeweisbar, sofern man nicht unbekannte hypothetische Eigenschaften der Sonne voraussetzen wolle. Die Schwierigkeit liegt vor allem auch darin, dass für die terrestrischen Erscheinungen die synodische Rotationszeit der Sonne in Betracht kommen müsste, für welche die Periode von 25.929^d nicht möglich wäre, da die kürzeste siderische Rotationsdauer bereits auf eine synodische Rotation von 27.37^d führt. Eine Zusammenstellung der jährlichen Relativzahlen mit der Anzahl der Beobachtungen von Polarlichtern lässt den grossen Einfluss der Schwankung in der solaren Thätigkeit sehr stark hervortreten, vor allem bei den Südlichtern, deren Maximum dem Sonnenflecken-Maximum meist um ein Jahr vorauseilt — nur für Island und Grönland zeigt sich eine mangelhafte Übereinstimmung, sogar eine Umkehrung im Gange der Erscheinungen, welche bereits durch Tromholt nachgewiesen worden ist. Auch für kürzere, z. B. jährliche Perioden ist nirgends eine Parallelität beider Erscheinungen mit Sicherheit zu ermitteln.

Aus einer Übersicht der bisherigen Bestimmungen einer nahezu 26-tägigen Periode folgern die Verff., dass der Zusammenhang der erdmagnetischen Störungen mit den Polarlichtern weit weniger sicher ist, als bisher angenommen wurde.

Jedenfalls ist bemerkenswert, dass die nahezu 26-tägige Periode der Polarlichter in den höhern Breiten weniger hervortritt als in den niedrigern, dass aber ihre Periodizität für beide Halbkugeln gleichzeitig variiert, während für die tropisch-monatliche Periode der Polarlichter die Maxima der Nordlichter bei südlichem, der Südlichter bei nördlichem Lunistitium eintreten, und dass die Einwirkungen der Sonne und des Mondes ziemlich von derselben Grössenordnung sind. Während die Mondstellung das elektrische Potentialgefälle verändert, wirkt die Sonne auf das Leitungsvermögen der höchsten Schichten der Atmosphäre ausser durch ihre gesamte Licht- und Wärmestrahlung hauptsächlich wohl durch die ultravioletten Strahlen, während eine direkte elektromagnetische Einwirkung derselben wenig wahrscheinlich ist.

20. Optische Erscheinungen.

Dämmerungsstreifen am 18. September 1898 in Norddeutschland. An jenem Abende bestand ein vom Helder bis Paris reichendes Regengebiet und an seiner Ostgrenze in Münster, Borkum und Helgoland Gewitter, von da ab jedoch über ganz Deutschland wolkenloser Himmel. Der Schatten dieser mächtigen Gewitterwolken nun erstreckte sich nach Sonnenuntergang bis über Berlin hinaus, wie eine interessante Beobachtung zeigt, die Prof. Assmann veröffentlicht. In Grünau bei Berlin zeigten sich um $7^h\ 25^m$ M. E. Z. über dem ungewöhnlich ausgeprägten Erdschatten, der als schiefergraues Segment am östlichen Himmel aufgestiegen war, von diesem strahlig ausgehende Schattenstreifen, zwischen denen das rosige Licht des Himmels intensiv hervorleuchtete. Im W war der Dämmerungsschein sehr hell leuchtend von durchsichtigem Orangegelb, doch ohne jede Spur des bekannten »Purpurlichtes«; von Schattenstreifen war dort zunächst nichts wahrzunehmen. Bald aber verlängerten sich die am Osthimmel sichtbaren Streifen, an Breite und Entfernung zunehmend, über das Zenith hinaus und erreichten gegen $7^h\ 30^m$ den Westhorizont, nach dem Orte des Sonnenstandes stark konvergierend und an Breite vermindert.

Berechnet man den Ort des schattengebenden Körpers, so würde sich, wenn er in der Meeresoberfläche angenommen werden könnte, etwa Bremen ergeben; für Körper in grösserer Höhe ergiebt sich ein gewisser Spielraum, sie können näher und weiter als dieses sein, innerhalb gewisser Grenzen. Im vorliegenden Falle waren sie offenbar weiter entfernt und mehrere Tausend Meter hoch, eine unregelmässige Wolkenoberfläche, von der einzelne Gipfel bis in grosse Höhen ragten, wie dies eben bei Gewittern oft der Fall ist. Mit dem Auftreten dieser Gewitterdepression war ein durchgreifender Umschwung des Wetters verbunden, »der sonnige warme »Altweibersommer« musste einer trüben, stürmischen und regnerischen Herbst-

witterung weichen. Die abendlichen Dämmerungsstreifen rechtfertigten also ihren Ruf als Vorzeichen schlechten Wetters vollkommen«[1]).

Das sogenannte Erdlicht. J. Maurer machte über dieses noch durchaus rätselhafte Phänomen mehrere interessante Mitteilungen betreffs älterer und neuerer Beobachtungen[2]). Dieselben sind im wesentlichen folgende:

Schon B. de Saussure erwähnt in seinen »Voyages dans les Alpes«, gelegentlich des Aufenthaltes auf dem Col du Géant, die Beobachtung eines blassen, jedoch deutlichen Scheines rund herum am nächtlichen Himmel, der allmählich mit zunehmender Höhe gegen das Zenith verblasste, und der sich auch Alex. v. Humboldt eben so deutlich auf dem Vulkane Antisana zeigte, ohne dass beide irgend eine sichere Erklärung dafür zu geben vermochten. Bessel gedenkt ebenfalls des merkwürdigen Lichtglanzes, den wir in unsern Nächten zuweilen sehen, ohne angeben zu können, woher er entsteht. Er deutet auf eine ähnliche Erscheinung in der Nachtseite des Planeten Venus hin, welche ebenfalls zu gewissen Zeiten deutlich in einem eigentümlichen, bis heute noch unerklärlichen, phosphoreszierenden Lichtschimmer hervortritt. In den von A. Burkhardt veröffentlichten »Übersichten der Witterung in Österreich und einiger auswärtiger Stationen« aus den 50er Jahren, finden wir dann wiederholt bestimmte Mitteilungen über auffallende Helligkeiten bei sternklarem Himmel, so anfangs Oktober 1855 und früherer Jahre um dieselbe Zeit, wobei es möglich war, die einzelnen Gegenstände nachts auf grössere Entfernung hin ganz gut zu erkennen. Ähnliche Erscheinungen eines solchen auffälligen phosphorischen »nächtlichen Scheines« wurden nach Heis' Wochenschrift auch am 18. Juni 1783, 3. August 1831 und 30. Juni 1861 beobachtet, letzteres gerade zu der Zeit, in welcher nach der Meinung des englischen Astronomen Hind, unsere Erde durch den Schweif des grossen Kometen (I. 1861) ging und nach Liais ungefähr vier Stunden darin verweilte.

Eine sehr gewichtige Bestätigung des nächtlichen Erdscheines giebt Baxendell durch seine Beobachtung vom 24. Oktober 1862. Es war weder Mondschein, noch eine Spur von Nordlicht vorhanden und dennoch die Atmosphäre so erhellt, dass man die ganze Umgebung der Sternwarte von Worthington genau erkennen konnte. Das Phänomen dauerte volle zwei Stunden an, dann trat dunkle Nacht ein. Baxendell versicherte, dass die entferntern Gegenstände deutlicher zu erkennen waren, als wenn der Mond im ersten Viertel gestanden hätte.

Prof. Galle hat bereits vor Jahren eine ähnliche, am 27. November 1872 — bei Anlass der Erscheinung des Bielastromes — gemachte Beobachtung über rätselhaftes nächtliches Erdlicht zur Kenntnis gebracht. Er schreibt, dass ihm bei den Beobachtungen nach Mitternacht eine eigentümliche Helligkeit des Himmels nach O und SO hin auffiel, als ob der Aufgang des Mondes nahe bevorstehe. »Erst nach einigen Tagen, als er auch von andern Beobachtern Ähnliches berichtet fand, verglich er die Mondephemeride und überzeugte sich, dass der erst $4^1/_2{}^h$ morgens an jenem Tage aufgehende und von dem Neumonde wenig mehr entfernte Mond die Ursache nicht gewesen sein könne.«

Ein Korrespondent der »Augsburger Allg. Ztg.« aus Halle berichtet ferner vom 14. November 1871 über ein Erdlicht wie folgt: »Die Nacht war erhellt, ohne den Mond und ohne den Sternenschein; der Himmel, nebelartig gleichmässig umzogen, erschien hellgrau, als ob das Vollmondlicht die Dunstmasse durchleuchtete. Die Helligkeit der Atmosphäre erreichte gegen 12^h einen so beträchtlichen Grad, dass man im Freien

[1]) Annalen der Hydrographie 1899. p. 57.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 257.

deutlich kleinere Druckschrift zu lesen vermochte, und dass sehr ferne Gegenstände der Landschaft dem Auge sichtbar wurden, erhellt wie in der Frühdämmerung im Sommer. Das Licht hatte eine schwache Färbung ins Violette. Das Erdlicht ist schon zu allen Jahreszeiten beobachtet worden, grosse Helligkeit aber scheint es nur im Spätherbste zu erreichen«. In dieselbe Kategorie gehört jedenfalls auch die ältere Beobachtung L. F. Wartmann's »Notice sur un brouillard lumineux observé à Genève du 18. au 26. Novembre 1859«. Vergl. Kaemtz, Repertorium. 1. p. 319.

Direktor Paulsen schreibt[1]: »Bei meinem Aufenthalte in Grönland habe ich oft, selbst in Abwesenheit jeglicher Nordlichtmanifestation, eine auffällige Helligkeit während der Winternacht bemerkt, und zwar zu Zeiten, wo ein Einfluss des Mondscheines vollständig ausgeschlossen war. Die Nächte waren dabei von solcher Klarheit, dass man auch kleine Details auf relativ beträchtliche Entfernung unterscheiden konnte. Der fragliche Schein bildete einen frappanten Kontrast zu dem nächtlichen Dunkel, wie man es sonst unter niederern Breiten gewahrt . . .«

Seither und besonders in dem letzten Jahrzehnte hat über die Beobachtung des mysteriösen nächtlichen Scheines auf unserem Kontinente wenig mehr verlautet, bis uns in jüngster Zeit der Vorstand der meteorologischen Station Luzern, Prof. Xaver Arnet, wieder auf eine Reihe höchst interessanter, verbürgter und sorgfältiger Beobachtungen über das Auftreten des nächtlichen Scheines an verschiedenen Punkten der Zentralschweiz, während des Zeitraumes von 1895—1899 aufmerksam machte.

Die ersten Wahrnehmungen über das erneute Auftreten des nächtlichen Scheines rühren von einem einfachen Landbriefträger her, der in Dierikon am Rooter-Berg, im Kanton Luzern, stationiert ist. Dieser eifrige und offenbar sehr intelligente Naturbeobachter konstatierte bei seinen nächtlichen Briefträgerdiensten, dass jene merkwürdige nächtliche Erhellung zuerst in den Herbstnächten des Jahres 1895 von SO her kam, darauf breiter gegen SW und W wurde und bis zum Herbste, bezw. Winter 1896 bis 1897 auch gegen N und NO rückte, so dass zeitweise »der ganze Himmel gegenwärtig von ihr eingenommen ist.« Anfangs Dezember 1897 schrieb jener Beobachter u. a. an Prof. Arnet: ». . . Wir haben nun den dritten Herbst, seitdem ich infolge der hellen Nächte auf einen Schein am nächtlichen Himmel aufmerksam wurde, welcher sich von damals (1895) langsam überall ausbreitete; ich habe auch vom 4.—5. August (1897) jüngsthin eine zufällige Beobachtung gemacht zwischen 2 und 3^h früh indem ich bemerkte, dass es draussen im Freien ziemlich hell sei, gleich dem Scheine eines Halbmondes, aber ohne Strahlen. Ich beobachtete den Himmel, welcher wolkenlos war, und fand, dass der nächtliche Schein immer noch etwas zugenommen hat. Auch der Neumond im Herbste (1897) hatte günstige Nächte zur Besichtigung, welche das Gleiche zeigte. Seitdem habe ich beim letzten Neumonde (November 1897) abermals Beobachtungen angestellt mit demselben Ergebnis . . . . Ich erinnerte mich an den Herbst 1890, auf den der überaus kalte Winter 1890—1891 folgte. Jenen Herbst, bevor noch die Kälte eintrat, fand ich an den Abenden beim Briefträgerdienste die Nächte so finster, dass man beim klaren, sternenhellen Himmel kaum die Umrisse der Bäume wahrnehmen konnte, und wenn das Firmament noch bedeckt erschien, so war von den Bäumen absolut nichts sichtbar, auch vor der Nase nicht. Im Herbste 1895 fand ich dann die Nächte auffallend hell . . . .«

Aus diesen einfachen und doch ganz bestimmten Beobachtungen geht also unzweideutig hervor, dass der rätselhafte Lichtschein am wolkenlosen Himmel zur Zeit des Neumondes im August, September und November 1897 wieder sichtbar gewesen ist und gegen früher selbst noch etwas zugenommen hat, so dass er zeitweise ungefähr dem zerstreuten Lichte beim ersten

[1]) Observations internationales Polaires, 1882—1883; Expédition Danoise, aurores boreales observées à Godthaab.

Viertel des Mondes gleichkam; es erinnert dies ganz an die oben erwähnte Beobachtung Baxendell's zu Worthington am 24. Oktober 1862.

Ein weiterer sorgfältiger Beobachter von einer Anhöhe des Rigi konstatierte dann auch im verflossenen Jahre, besonders für die Neumondnächte der Monate Oktober und November, wiederum die Anwesenheit des nächtlichen Scheines, ja versuchte sogar, denselben auf besonders empfindlichen photographischen Platten dauernd zu fixieren, leider bis jetzt mit negativem Erfolge. Ferner meldet der frühere Gewährsmann in Dierikon am Rooter Berge, dass der rätselhafte Schein zur Zeit des Neumondes am 16.—19. September 1898 ebenfalls wieder ziemlich in der gleichen Stärke wie früher aufgetreten sei. Genau für dieselbe Zeit und jedenfalls ganz unabhängig davon veröffentlicht Prof. Julius Hann, im Januarheft der Meteorolog. Zeitschr., gelegentlich des Auftretens sehr bemerkenswerter Gewitterwolken-Formen, die er am Abende des 18 September 1898 vom Gorner Grat bei Zermatt im Norden hinter den Berner Alpen beobachtete, folgende sehr interessante Notiz: . . . »Ich will noch bemerken, ohne dass ich Gewicht darauf legen könnte, dass mir die Nacht auffallend hell vorkam, da doch Neumond war. Ich konnte um Mitternacht in meinem Zimmer, das mit drei Fenstern auf die Firnfelder des altes Weissthores, auf den Monterosa bis zum Breithorn hinausging, alle Gegenstände deutlich erkennen, ging auch mehrmals ans Fenster, um nach der Ursache zu sehen; die weissen Berge hoben sich sehr deutlich vom Nachthimmel ab, aber etwas Besonderes konnte ich nicht bemerken. Leider unterliess ich es, Beobachtungen anzustellen, welche zur Konstatierung des beiläufigen Grades der Helligkeit hätten dienen können.«

Über weitere Beobachtungen des mysteriösen Phänomens zu Anfang vorigen Jahres bringt uns Prof. Arnet ferner Nachstehendes zur Kenntnis. Am 10. Februar 1899 war Neumond, und die darauf folgende sternhelle Nacht sehr geeignet zur Feststellung des nächtlichen Lichtscheines am Himmelszelte. Von zwei Personen gingen darüber wiederum interessante Mitteilungen ein.

Der Bergbeobachter auf Rigi hatte bereits zur Zeit des Neumondes im Oktober bis Dezember 1898 das entschiedene Vorhandensein des nächtlichen Scheines konstatiert, dagegen am 11. Januar 1899 eine starke Abnahme jenes Scheines vorgefunden, so dass trotz prächtiger Sternennacht nur noch die nähere Umgebung von reflektiertem Sternenlichte ein wenig erkennbar blieb. Ganz anders aber in der wundervoll klaren Nacht vom 10. zum 11. Februar. Überall am Himmel war die rätselhafte Luminiszenz, der unbestimmte helle Schein vorhanden, am Horizonte jedoch heller als am übrigen Firmamente. In diesem Scheine unterschied der Beobachter von seinem ausgezeichneten Bergstandpunkte aus Rigi-Kulm, Pilatus, Stanserhorn, Buochserhorn, Urirothstock, die beiden Bauen, Windgälle, Tödi, Mythen, Rossberg u. s. w. Im Vordergrunde waren die Telegraphenstangen auf hundert und mehr Meter Distanz zu erkennen. Wunderbar schön flimmerten die Sterne, und in dem allgemeinen Lichtscheine fiel die Milchstrasse gar nicht mehr sonderlich auf. Dazu meldet der frühere Berichterstatter in D., welcher vor mehrern Jahren bereits auf das phosphoreszierende Leuchten des Nachthimmels hinwies, ferner noch Folgendes: »In der Nacht vom 10 zum 11. Februar 1899 stimmte ein Mal alles überein, um eine gute Beobachtung betreffs des nächtlichen Scheines zu machen. Kein Mondschein, keine Wolken und, was hier in der Niederung in solchen Nächten so selten ist, auch kein Nebel . . . Diese Nacht fand ich den Schein am ganzen Himmel in nie gesehener Stärke.«

Die Wahrnehmungen der beiden einander ganz fernstehenden Beobachter stimmen also sehr gut miteinander überein: Der nächtliche Lichtschein bestand im Februar 1899 in ungewöhnlicher Stärke. Dazu bemerkt Prof. Arnet: Faktisch begleitet der nächtliche Schein das abnormale Winterwetter jetzt, gerade wie voriges Jahr. Ob er auch als Vorbote für eine längere Dauer dieses Wetters gelten kann, muss aber erst noch ge-

prüft werden. Bemerkenswert ist es gewiss, dass am 11. Januar 1899 trotz der klaren Sternennacht kein deutlicher Schein am Himmel vorhanden war, und dass dann die sehr aufgeregte, stürmische Witterungsperiode vom 12. bis 18. Januar und nachher vom 25. Januar bis 4. Februar eine Frostperiode als irreguläres Intermezzo des milden Winters folgte.

Wäre es möglich, den nächtlichen Schein mit dem Spektroskop zu konstatieren und zu analysieren, so müsste nach Arnet's Auffassung derselbe das auch dem Nordlichte zukommende gelbgrüne Licht in schwachem Masse zeigen, während das Tierkreislicht ein ganz schwaches kontinuierliches Spektrum zeigt und sich dadurch als von diffus zerstreutem Sonnenlichte herkommend ausweist. »Leider ist der nächtliche Schein noch zu schwach für diese Prüfung, oder unsere Instrumente sind zu unempfindlich für den zarten Lichtschimmer; aber wenn es einmal gelingen sollte, ihn wirklich mit dem Spektroskop zu fangen und zu analysieren, so wird das wohl nicht im Thale, sondern nur in reiner Bergeshöhe möglich werden. Dort sind die weitern Hebel anzusetzen, um den merkwürdigen Schein dem Verständnis näher zu bringen.«

21. Klimatologie und Wetterprognosen.

Die Ursachen abnormer Temperaturverhältnisse im nördlichen Europa. C. L. Madsen hat hierüber umfassende Untersuchungen angestellt. Das Folgende ist ein Auszug aus den Untersuchungen desselben[1]):

Die Temperatur- und Witterungsverhältnisse des nördlichen und westlichen Europas werden, wie bekannt, zum grössten Teile bestimmt durch den Golfstrom, dessen Bedeutung für das Klima hinreichend bezeichnet wird durch den Zuwachs von ca. $5^1/_2{}^0$ C. in der Jahrestemperatur, welche auf diesem Wege Kopenhagen zugeführt wird. Dieser ziemlich regelmässige Zuwachs ist folglich grösser an Orten, welche dem Golfstrome näher liegen, und ist überall fühlbar das ganze Jahr hindurch. Aber der Zustand im Atlantischen Meere ist nicht stabil; die Temperaturen und Strömungen wechseln, und wir werden in Kürze versuchen, einige der geo-physikalischen Phänomene aufzuweisen, die, wenn sie vereint auftreten, unzweifelhaft eine Störung in dem normalen Verlaufe veranlassen müssen.

Wir nennen hier das Vorhandensein grösserer oder kleinerer Eismassen oder Eisberge in dem Atlantic, wie auch die Spaltungen des Golfstromes in kalte und warme Bänder, welche wesentlich mitwirkend sind und die beobachteten Variationen in der Temperatur naturgemäss erklären.

Was das Vorkommen der Eisberge im Atlantic anbetrifft, so ist schon längst die Meinung vorherrschend, dass dieselben einen sehr fühlbaren Einfluss auf die meteorologischen Elemente ausüben, und schon der berühmte Astronom Bradley machte sie im Jahre 1725 für die häufigen Stürme und den Temperaturfall verantwortlich, welche an der britischen Küste stattfanden. Es ist aber doch erst in der neuesten Zeit geschehen, dass das hydrographische Institut in

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 125 u. ff.

Washington und namentlich die Deutsche Seewarte in Hamburg der Sache eingehende Aufmerksamkeit gewidmet haben, besonders durch die Herausgabe der bekannten, höchst interessanten Eiskarten. Eine Auszählung mit Hilfe dieser Karten hat den Verf. in den Stand gesetzt, folgende Zusammenstellung vorzunehmen, zur Beleuchtung des faktischen Zusammenhanges zwischen der Menge von Eisbergen und Eisbildungen im Atlantischen Meere und der Temperatur in Dänemark und Norwegen. Es ist in dieser numerischen Zusammenstellung das Jahr 1890 als Ausgangspunkt gewählt, weil die Menge des Eises und dessen geographische Verbreitung im Atlantic im Sommer 1890 als ganz phänomenal bezeichnet, und weil der Julimonat desselben Jahres als aussergewöhnlich kalt und die beobachtete Temperatur zu den niedrigsten in der ganzen Reihe bis zurück nach 1801 registriert wurde. Das Verhältnis zum Golfstrome mit Rücksicht auf Zeit und Abstand, welche die Abkühlung bedingt, ist zum Teil begründet in der Tendenz der nördlich gehenden Strömungen, nach O abzuweichen, welcher Umstand in ganz bedeutendem Grade den beiden Ländern zu Gute kommt. Die Zusammenstellung der genannten Faktoren für die Jahre 1890—1894 geben uns folgende Resultate:

Treibeis im nördlichen Atlantic:

	1890	1891	1892	1893	1894
Der Eisbericht ist abgeschlossen	11. August	8. Juli	24. Juni	fehlt	4. Juli
Beobachtete Eisberge, einzelne und in Gruppen	342	52	72	—	156
Gewöhnliches Treibeis	7	2	5	—	12

Temperatur im Julimonat:

		Juli 1890	Mittel Juli 1891—1894	Differenz
Dänemark	Nördl. Dänemark (Skagen, Vestening, Herning) . .	13.4° C.	15.9° C.	+ 2.5° C.
	Südl. Dänemark (Fanó, Samsó, Kopenhagen, Bogó)	14.6	16.5	+ 1.9
	Bornholm (Hammershus) .	15.2	16.4	+ 1.2
Norwegen	Südl. Norw. (Christiania, Mandal. Skudesnäs, Bergen)	13.2	16.2	+ 3.0
	Mittel Norw. (Aalesund, Christiansund, Brónó, Bodó, Andesnäo)	11.0	12.4	+ 1.3
	Nördl. Norwegen (Tromsó, Alten, Vardó)	10.7	9.8	— 0.9

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass der Julimonat 1890 eine für das nördliche Dänemark und südliche Norwegen bedeutend niedrigere Temperatur hatte ($2^1/_2$—3° C.) als in den darauffolgenden vier Jahren, dass der Temperaturfall geringer war für das dem Golfstrome ferner liegende südliche und östliche Dänemark und mittlere Norwegen, und dass ein solcher gar nicht im nördlichen Norwegen beobachtet wurde.

Einige Einzelnheiten müssen auch noch hier angeführt werden. In »Nogle Bemarkninger om Isen i Davis-Stradet i Foraaret 1889«

bemerkt Kapt. Garde, dass die Eisberge eine Höhe von mehr wie 300 Fuss über dem Meeresspiegel erreichen können und das Volumen zu mehrern Hundert Millionen Kubikfuss veranschlagt werden kann. Diese Angaben stimmen ganz mit denen auf der Eiskarte für 1890, auf welcher mehrere Eisberge hervorgehoben werden, die eine Höhe bis zu 90 *m* und eine Länge von 250—600 *m* hatten. Dass solche gewaltige Eismassen, bis 2000 Fuss tief unter die Meeresfläche reichend, einen grossen Widerstand gegen das Auftauen zu leisten vermögen, ist klar, und der berühmte Polarfahrer Admiral Nares berichtet auch, dass er in den Polargegenden einen Eisberg gesehen hat, der unverkennbare Zeichen trug, dass derselbe früher eine Reise durch den Atlantic bestanden habe.

Wir beschränken uns hier auf die oben zusammengestellten Beobachtungen, welche doch hinreichen, um die klimatologische Bedeutung des massenhaften Erscheinens des Eises im Golfstrome für das nördliche Europa ausser Zweifel zu stellen. — Es ist klar, dass die starke Abkühlung der Atmosphäre und der daraus folgende, statistisch nachgewiesene, starke und reichliche Regenfall und sonstige ungünstigen Witterungsverhältnisse, wenn sie gerade in der Sommerzeit eintreffen, die Ernte beeinträchtigen müssen. Es erfordert aber genauere Untersuchungen, um dieses festzustellen; eine auffallende Thatsache bleibt es immerhin, dass die Ernte in Dänemark, nach den Ermittelungen des statistischen Bureaus zu Kopenhagen, auch im Jahre 1896 zu einem um 50 Millionen Kronen geringern Wert berechnet wurde, als nach derselben Quelle die Ernte im Jahre 1891. Die Eisberge 1890 haben hiernach dem National-Einkommen Dänemarks einen Verlust von 50 Millionen Kronen beigebracht.

Während der Einfluss der Eisberge auf die Temperatur ziemlich allgemein angenommen ist, und nur einer nähern numerischen Bestätigung bedürfte, ist das Verhältnis mit Rücksicht auf die kalten und warmen Verzweigungen des Golfstromes naturgemäss mehr kompliziert, so wie auch die durch Messungen konstatierte wiederholte Spaltung des Hauptstromes weniger beachtet sein dürfte.

Die bezüglichen Messungen sind von der U. S. Coast Survey längs der Küste von Nordamerika vorgenommen, von Kap Florida bis Sandy Hook auf einer Strecke von ungefähr 15 Breitengraden oder 900 Seemeilen. Das Fahrwasser ist bis zu einem Abstande von der Küste von ca. 600 Seemeilen untersucht, und die Breite des gemessenen Gürtels nimmt gradweise ab, bis Kap Florida, wo die Messungen ca. 65 Seemeilen von der Küste aus umfassen. Das Resultat der Untersuchungen kann in Kürze in folgendem zusammengefasst werden:

Der kalte Polarstrom längs der Ostküste von Nordamerika hat ausserhalb Sandy Hook eine Breite von 240 Seemeilen, abnehmend bis 10 Meilen ausserhalb Kap Florida. Unmittelbar auf diesen kalten Strome (the cold wall) folgt der erste warme Zweig (band) des Golfstromes mit 25—60 Meilen Breite, demnächst wiederum

ein kalter Streifen halb so breit, und abwechselnd so fort; im ganzen sind vier warme und drei kalte Streifen oder Verzweigungen beobachtet. Der Hauptstrom, der eigentliche Golfstrom, bildet das vierte Glied und nimmt ungefähr $^1/_4$—$^1/_5$ der ganzen Breite der untersuchten Strecke ein. Der Hauptzweig des Golfstromes hat ausserhalb Sandy Hook eine Breite von 127 Seemeilen und ausserhalb Kap Florida eine Breite von 25 Seemeilen.

Wenn man nun annehmen könnte, dass die Grenzen zwischen den warmen und kalten Zweigen bleibende wären, so würde kein Temperaturwechsel aus diesen Verzweigungen entstehen, aber eine solche Stabilität des Stromsystems ist kaum denkbar, auch haben die Untersuchungen ergeben, dass Verschiebungen stattfinden in dem Masse, wie der Strom sich in seinem Laufe erweitert. Es liegt also nahe, anzunehmen, dass solche Verschiebungen auch an den Küsten von Europa merkbar sind, und hier hätten wir denn eine zweite wirksame Ursache zu Unregelmässigkeiten in dem Temperaturgange, so weit derselbe vom Golfstrome herrührt.

Es ist bisher angenommen worden, dass die merkliche Einschränkung oder Auflösung des Golfstromes hauptsächlich dem Kampfe des Golfstromes gegen die kalten Wassermassen des nördlichen Atlantischen Meeres zuzuschreiben sind; es lassen sich aber auch andere Ursachen denken, welche mitwirkend sind, und durch welche die Variationen in Richtung, Zusammensetzung und Temperatur des Golfstromes sich erklären können. So z. B. muss hervorgehoben werden, dass der mächtige Golfstrom seinen einzigen Auslauf im Atlantischen Meere durch die ziemlich enge Florida-Strasse hat; der Golfstrom, oder richtiger dessen Wirkung auf die Temperaturverhältnisse und das Klima Europas beruht daher ganz auf der Unveränderlichkeit der Konfiguration dieser Wasserstrasse, welche kaum 15 geographische Meilen breit ist.

Die vorliegenden Zahlenergebnisse und Betrachtungen beweisen auch, dass sehr fühlbare, ja selbst katastrophenähnliche thermische und klimatologische Ereignisse vollkommen erklärlich sind durch terrestrische Phänomene und meteorologische Erscheinungen, wenn sie geographisch begrenzt auftreten und nicht den ganzen Erdball umfassen.

Die kalten Tage des Mai. Anknüpfend an die Arbeit von Prof. Müttrich über Spät- und Frühfröste[1]), verbreitet sich v. Bezold über die bekannten Frosttage des Mai (11.—13.)[2]). Er bemerkt, dass die Kälterückfälle dieser Tage noch deutlicher hervortreten, wenn man Gruppen von je drei Tagen zusammenfasst und schliesslich noch die mit fortschreitender Jahreszeit abnehmende Wahrscheinlichkeit des Eintrittes von Frost mit berücksichtigt.

---

[1]) Dieses Jahrbuch. 9. p. 370.
[2]) Meteorolog. Zeitschr. 1899. p. 114.

Das Ergebnis einer derartigen Zusammenfassung ersieht man aus den nachstehenden von v. Bezold gegebenen Tabellen, welche, vom 2. Mai beginnend, die Summen der aufgezeichneten Frosttage für dreitägige Zeitabschnitte enthalten, und zwar ebenso wie bei Müttrich nach Schwellenwerten der Temperatur t geschieden sind:

Summen der Frosttage im Mai (erste Hälfte):

Gruppen	$t \leqq 0.0$	$t \leqq -0.3$	$t \leqq -0.5$	$t \leqq -3.0$
I 2—4	219	210	195	98
II 5—7	249	235	220	107
III 8—10	224	209	199	80
IV 11—13	250	233	219	84
V 14—16	150	139	131	34

»In dieser Tabelle treten die dreitägigen Abschnitte von 5—7 sowie von 11—13 deutlich mit Maximalsummen hervor.

Dabei fällt das absolute Maximum bei Berücksichtigung aller, auch der schwachen Fröste, auf die Zeit vom 11.—13., wenn auch nicht stark ausgeprägt, während bei Vernachlässigung der schwächern Fröste und besonders bei ausschliesslicher Berücksichtigung jener Tage, an denen die Temperatur auf — 0.3° oder noch tiefer gesunken ist, die Zeit vom 5.—7. Mai noch mehr heimgesucht erscheint.

Dagegen macht sich ohne Rücksicht auf die gewählten Schwellenwerte jederzeit ein plötzliches Nachlassen der Frostgefahr beim Übergange von der Gruppe IV zur Gruppe V, d. h. vom 14. Mai an, geltend.

Wird schon durch diesen plötzlichen Rückgang in der Zahl der Frosttage die Aufmerksamkeit auf die Zeit der Eisheiligen gelenkt, so tritt das Verhalten dieser drei Tage noch weit schlagender hervor, wenn man das allmähliche Steigen der Temperatur um die genannte Jahreszeit mit in Betracht zieht.

Berechnet man zu dem Zwecke die Zahlen, wie sie sich ergeben würden, wenn die Zahl der Frosttage einfach linear vom Anfangswerte zum Endwerte übergingen, so erhält man die in der nachstehenden Tabelle unter »berechnet« stehenden Zahlen.

Zieht man alsdann diese Werte, die man im Hinblicke auf die, wenn auch nur für ein kurzes Stück, ausgeglichenen Kurven in gewissem Sinne als normale betrachten darf, von den beobachteten Summen ab, so erhält man Differenzen, die ein abnormes Verhalten der einzelnen Gruppen viel besser erkennen lassen, als die rohen Beobachtungszahlen.

Man erhält unter diesen Gesichtspunkten die folgende Tabelle:

Summen der Frosttage im Mai (erste Hälfte):

	$t \leqq 0.0$			$t \leqq -0.3$			$t \leqq -0.5$			$t \leqq -3.0$		
Gruppen	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
2—4	219	219	0	210	210	0	195	195	0	98	98	0
5—7	249	202	47	235	192	43	220	179	41	107	82	25
8—10	224	184	40	209	175	34	199	163	36	80	66	14
11—13	250	167	83	233	157	78	219	147	72	84	50	34
14—16	150	150	0	139	139	0	131	131	0	34	34	0

Aus dieser Zusammenstellung entnimmt man vor allem, dass die Differenzen ohne Ausnahme das positive Vorzeichen haben. Es ist mithin die Zahl der Frosttage für den ganzen Zeitraum, vom 5. bis zum 13. Mai einschliesslich, grösser als sie bei einfach linearer Abnahme wäre, und man darf demnach diesen ganzen Abschnitt des Mai als besonders zu Frost geneigt bezeichnen. Ausserdem fällt das absolute Maximum der Differenzen, d. i. die Abweichung der beobachteten Werte von den in gewissem Sinne als normal zu betrachtenden für alle hier benutzten Schwellenwerte auf die Tage vom 11.—13. Mai, also genau auf jene Epoche, auf welche der Volksmund die Kälterückfälle verlegt hat.

Endlich sieht man auch, dass das Maximum der Tage vom 5.—7., das in den Summen selbst so stark hervortritt, dass es bei Ausschluss der leichtern Fröste sogar stets als absolutes erscheint, in den Differenzen zwar auch noch bestehen bleibt, aber nur als sekundäres mit verhältnismässig geringem Gewichte.

Aus der Betrachtung dieser Differenzen erklärt sich aber auch, weshalb das Maximum in der Zeit vom 5.—7. gerade bei den tiefern Schwellenwerten eine so hervorragende Rolle spielt.

Der Grund liegt eben einfach darin, dass die Erreichung sehr tiefer Temperaturen wegen des allgemeinen Ansteigens der Mitteltemperaturen bei fortschreitender Jahreszeit von Tag zu Tag unwahrscheinlicher wird, so dass bei gleicher Abweichung vom Mittelwerte bestimmte negative Werte um so leichter erreicht werden, je näher der Tag dem Anfange des Monats steht.

Dieses Hervortreten des ersten Maximums verschwindet jedoch zu Gunsten des auf die Tage vom 11.—13. fallenden, sowie man der stetigen Hebung des allgemeinen Temperaturniveaus Rechnung trägt.

Thut man dies, so machen sich bei Benutzung des von Müttrich gesammelten Materiales die Tage der Eisheiligen in so auffallender Weise geltend, wie man sie bisher noch niemals in statistischen Zusammenstellungen hat nachweisen können.«

Über die wahrscheinliche Ursache der geologischen Klimaveränderungen verbreitete sich Prof. Scheiner[1]). In einer sehr bemerkenswerten, im Jahre 1891 veröffentlichten Schrift: »De Klimaten der Voorweld en de geschiedeniss der zon«, die später erweitert auch in deutscher und englischer Sprache erschienen ist, hat E. Dubois zuerst den Versuch unternommen, die Entwickelungsgeschichte der Erde in Verbindung mit derjenigen der Sonne zu bringen. Da die klimatischen Verhältnisse der Erde, und damit auch die geologischen Vorgänge, in erster Linie von der Intensität der Sonnenstrahlung abhängen, so liegt dieser Gedanke eigentlich sehr nahe, und man muss sich mit dem Verf. wundern, dass man die geologischen Probleme nicht schon früher von diesem Gesichts-

1) Astron. Nachr. No. 3561.

punkte aus betrachtet hat. Die frühern kosmischen Theorien der Geologie nehmen nur Bezug auf Änderungen der Elemente der Erdbewegung, berücksichtigen also nur Strahlungsverschiedenheiten durch Änderung der Distanz und der Lage in Bezug auf den strahlenden Körper.

»Ich möchte,« sagt Prof. Scheiner, »vom astronomischen Standpunkte aus etwas näher auf die Dubois'sche Theorie eingehen, unter der Voraussetzung, dass die Grundlagen derselben in geologischer Beziehung richtig sind. Der erste Teil derselben wird wohl fast jedem Astronomen als selbstverständlich erscheinen, so dass ein genaueres Eingehen auf denselben nicht erforderlich sein dürfte. Es wird gezeigt, dass in frühern Perioden die Temperatur der Erdoberfläche eine wesentlich höhere gewesen ist, entsprechend der stärkern Bestrahlung durch die Sonne, als letztere noch dem ersten Spektraltypus angehörte. Die relative Dauer der heisseren Zeiten gegenüber den spätern kühlern lässt sich in Zusammenhang bringen mit der relativen Dauer des Verweilens eines Sternes innerhalb der einzelnen Spektralklassen auf Grund des von mir auf p. 326 meiner Spektralanalyse der Gestirne gegebenen Gedankenganges, nach welchem diese Dauer ungefähr dem Prozentsatze der jetzt jeder einzelnen Klasse angehörenden Sterne proportional gesetzt werden kann. Übrigens hat fast zu gleicher Zeit und gänzlich unabhängig hiervon Dubois in seiner erwähnten holländischen Schrift, p. 74 f., die Anfang 1891 zu Batavia erschienen ist, den gleichen Gedankengang ausgesprochen und darnach auch das Verhältnis zwischen der jetzigen und der frühern Strahlungsintensität der Sonne abgeschätzt, p. 75 ff. Welchen Einfluss hierbei auch die eigene Wärme der Erde ausgeübt haben kann, möge hier unerörtert bleiben.

Dubois geht aber noch einen Schritt weiter, indem er auch die in den letzten Jahrtausenden eingetretenen periodischen Klimaschwankungen, die sich in den Eiszeiten dokumentieren, durch entsprechende Variationen der Sonnentemperatur zu erklären versucht. Ich muss gestehen, dass ich diesem Teile der Dubois'schen Theorie bisher sehr skeptisch gegenüber gestanden habe, da man einmal überhaupt nichts von Schwankungen der Sonnentemperatur von Jahrtausende langen Perioden kennt, und ferner so starke Schwankungen der Sonnentemperatur, wie sie auf den ersten Blick erforderlich scheinen, äusserst unwahrscheinlich sind. Ich habe mich nun in den letzten Jahren vielfach mit dem Problem der Sonnentemperatur beschäftigt (die Resultate dieser Untersuchungen sind Seite 7 dieses Bandes behandelt), und bei dieser Gelegenheit hat sich meine Ansicht über den zweiten Teil der Dubois'schen Theorie wesentlich zu deren Gunsten geändert.

Es handelt sich zunächst darum, festzustellen, um welchen Betrag sich die Strahlung der Sonne vermindern muss, damit eine Eiszeit, z. B. für Mitteleuropa, eintritt, und alsdann zu berechnen, durch welche Änderung der Sonnentemperatur dies hervorgerufen werden kann.

Um die Vergletscherung eines Landes herbeizuführen, ist das Auftreten besonders tiefer Wintertemperaturen nicht erforderlich. Abgesehen von lokalen Einflüssen und der Menge der Niederschläge ist hierzu nur notwendig, dass die mittlere Temperatur während langer Zeiträume unterhalb 0° liegt. Nun beträgt zur Zeit die mittlere Temperatur Europas etwa +10°; nähme sie also um 10° ab, so würde eine neue Eiszeit für diesen Weltteil beginnen, und dies entspräche einer Abnahme der Sonnenstrahlung von rund $^1/_9$ ihres Betrages, wie sich leicht durch folgende Betrachtung ergiebt: Nach den Untersuchungen von Zenker beträgt die mittlere Temperatur der Erdoberfläche ohne die solare Strahlung, nach gut untereinander stimmenden Methoden berechnet, —73°; d. h. bei dieser Temperatur würde Gleichgewicht zwischen der Ausstrahlung der Erde in den Weltraum und der Wärmezufuhr aus dem Erdinnern eintreten. Als wirk-

liche mittlere Temperatur der Erdoberfläche wird der Wert $+15^{\circ}$ angegeben; die Sonnenstrahlung bewirkt demnach eine Erhöhung der Erdoberflächentemperatur von 88°, eine Erniedrigung dieses Betrages um $^{1}/_{9}$ würde somit für Mitteleuropa eine Eiszeit bedingen.

Grössere Schwierigkeiten bereitet der Übergang von einer Strahlungsänderung auf die Temperatur des strahlenden Körpers, doch sind auch diese in den letzten Jahren wesentlich gehoben worden. Unter den vielen Strahlungsgesetzen, die seit Newton aufgestellt worden sind, steht zweifellos das Stefan'sche an erster Stelle. Nach demselben ist der Strahlungseffekt proportional der vierten Potenz der absoluten Temperatur des strahlenden Körpers: $E = c \cdot T^4$. Neuere Prüfungen durch Lummer und Pringsheim, bei denen Temperaturen bis zu 1300° verwendet werden konnten, ergaben die volle Gültigkeit des Stefan'schen Gesetzes bis zu diesen Grenzen; die beste Darstellung wurde mit dem Exponenten 3.96 anstatt 4 erhalten. Eine Extrapolation mit Hilfe eines empirischen Gesetzes auf das Fünf- bis Achtfache des Prüfungsintervalles bleibt allerdings immer bedenklich; aber gerade das Stefan'sche ist das einzige der bisherigen Strahlungsgesetze, welches eine theoretische Begründung erfahren hat, indem Boltzmann es aus der elektromagnetischen Lichttheorie in Verbindung mit der mechanischen Wärmetheorie ableiten konnte.

Ich möchte die Brauchbarkeit des Stefan'schen Gesetzes durch ein charakteristisches Beispiel erläutern. Pouillet hat aus seinen Messungen der Sonnenstrahlung mit Hilfe des Strahlungsgesetzes von Dulong und Petit eine Sonnentemperatur von ungefähr 1500° abgeleitet, während Secchi aus seinen Beobachtungen unter Anwendung des Newton'schen Gesetzes eine Sonnentemperatur von vielen Millionen Grad erhielt. Beide Werte sind nach unsern heutigen Anschauungen unmöglich, und der in ihnen enthaltene Widerspruch hat wesentlich dazu beigetragen, die physikalischen Forschungen an der Sonne mit grossem Misstrauen zu betrachten. Wendet man nun das Stefan'sche Gesetz auf diese beiden Strahlungsmessungen an, so erhält man nach Pouillet eine Sonnentemperatur von 5600°, nach Secchi von 5400°, d. h. in guter Übereinstimmung einen einigermassen plausiblen Wert, der aber wahrscheinlich zu niedrig ist, da die bei den Pouillet'schen und Secchi'schen Beobachtungen vorhandenen Fehlerursachen in der Richtung gewirkt haben, den Betrag der Solarkonstante herabzudrücken.

Nach meinen bereits erwähnten Untersuchungen ergiebt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Sonnentemperatur innerhalb der Grenzen von 5000 und 10000° anzunehmen ist — die Sonnentemperatur hierbei definiert als die absolute Temperatur einer in beliebiger Entfernung von der Erde befindlichen Kugel vom scheinbaren Durchmesser und dem gleichen Strahlungseffekt der Sonne und dem Emissionsvermögen eines absolut schwarzen Körpers. Nach dem Stefan'schen Gesetze entspricht nun einer Strahlungsänderung um $^{1}/_{9}$ eine Temperaturänderung des strahlenden Körpers von rund 3%, demnach für die untere Grenze der Sonnentemperatur ungefähr 150°, für die obere ungefähr 300°. Das ist überraschend viel weniger, als man sich früher vorgestellt hat, und in Anbetracht der starken lokalen Veränderungen, denen die Photosphäre ständig unterworfen ist, muss man sich umgekehrt eigentlich über die Konstanz der mittlern Erdtemperatur wundern.

Ich nehme natürlich nicht an, dass die ganze Sonnenmasse periodischen Temperaturschwankungen von dem angedeuteten Betrage unterworfen sein könnte, sondern dass dieselben sich nur in der Atmosphärenschicht, als welche die Photosphäre zu betrachten ist, abspielen. Die Masse der Photosphäre ist gegenüber der Sonnenmasse ganz verschwindend gering, so dass ihre Temperatur durch Ausstrahlung sehr schnell heruntergehen könnte, wenn aus irgendwelchen Ursachen die Wärmezufuhr aus dem Innern im ganzen oder lokal periodischen Abschwächungen unterworfen wäre. Ich möchte nur andeuten, dass auch andere variable Ursachen mitwirken können,

wie z. B. Veränderungen der Absorption innerhalb der obersten Schichten der Photosphäre und Veränderungen des Emissionsvermögens.

Es steht demnach die erforderliche Grösse der Amplitude der periodischen Strahlungsschwankungen nicht im Widerspruche mit den Thatsachen auf dem Gebiete der Sonnenphysik, und es bleibt nur noch die Frage offen, ob überhaupt Schwankungen der Strahlung von Jahrtausende langer Periode vorhanden sein können. Irgend etwas Positives lässt sich hierüber naturgemäss nicht sagen; man muss sich damit begnügen, wenn einer solchen Annahme nichts Positives entgegengehalten werden kann, wie dies thatsächlich nicht der Fall zu sein scheint. Eine periodische Strahlungsänderung der Sonne ist mit Sicherheit nachgewiesen: die elfjährige Periode der Sonnenflecken. Dass in diesem Falle die Strahlungsänderungen in den klimatischen Verhältnissen der Erde nicht mit Bestimmtheit haben nachgewiesen werden können, braucht durchaus nicht an ihrer etwa verschwindend kleinen Grösse zu liegen, sondern wird wesentlich durch die Kürze der Periode bedingt sein, innerhalb welcher merkliche Summationen nicht zustandekommen können. Eine zweite Periode von 50—60jähriger Dauer scheint angedeutet zu sein, und es steht meines Erachtens, wenn überhaupt eine oder zwei Perioden konstatiert sind, nichts im Wege, noch andere Perioden von bedeutend längerer Dauer für möglich zu halten, besonders wenn man die Wilsing'sche Erklärung der Sonnenfleckenperiode annimmt, nach welcher die letztere durch eine gewisse Zähigkeit der innern Schichten von verschiedener Winkelgeschwindigkeit in Verbindung mit der Reibung hervorgerufen wird. Als ständig wirkende Ursache, welche immer von neuem wieder nach erfolgtem Ausgleiche den Spannungszustand hervorruft, ist hierbei wohl die langsame Zusammenziehung des Sonnenballes anzunehmen.

Es scheint mir sogar die Umkehr des Problemes durchaus gestattet, nämlich aus den periodischen Klimaschwankungen der Erde innerhalb der letzten Jahrtausende auf entsprechende Änderungen der Sonnenstrahlung zu schliessen.

Sollten sich die bisherigen rein tellurischen Erklärungen der Eiszeiten, z. B. durch Veränderungen im Laufe des Golfstromes, nicht aufrecht erhalten lassen, und sollte sich entsprechend die Annahme einer kosmischen Ursache als notwendig herausstellen, so würde die Dubois'sche Theorie wohl als einfachste und einwurfsfreieste zu betrachten sein und auch für die Sonnenphysik von hoher Bedeutung werden.«

Die wissenschaftliche Grundlage einer Wetterprognose auf mehrere Tage voraus, behandelt Dr. J. van Bebber[1]). Er unterschied schon früher[2]) fünf Hauptwetterlagen, nämlich:

Typus I: Hochdruckgebiet im Westen Europas, etwa über den britischen Inseln und deren Nachbarschaft, Depressionen über den östlicher gelegenen Gegenden (dieser Typus ist in den Tabellen nach der Lage des Maximums mit W + NW bezeichnet).

Typus II: Hochdruckgebiet über Zentraleuropa, speziell über Deutschland (Strahlungstypus), Depressionen erst in grösserer Entfernung (Zentral oder C.)

Typus III: Hochdruckgebiet über Nord- oder Nordosteuropa, Depressionen auf der Südseite des Hochdruckgebietes, am häufigsten über dem Mittelmeergebiete oder der Biscayasee (N + NO).

---

1) Das Wetter 1899. p. 217.
2) Vgl. dieses Jahrbuch IX. p. 382.

Typus IV: Hochdruckgebiet über Ost- oder Südosteuropa, Depressionen im Westen (O + SO).

Typus V: Hochdruckgebiet über Süd- oder Südwesteuropa, Depressionen in nördlichen Gegenden (S + SW).

Im Sommer, worauf es für die landwirtschaftliche Praxis am meisten ankommt, herrschen drei Wettertypen entschieden vor, nämlich Typus I, Typus V und, in etwas schwächerem Masse, Typus II. Typus I ist kühl, böig, veränderlich, häufig mit Regenschauern, Typus V ist trübe, regnerisch und kühl, wogegen Typus II uns sonnige, warme und trockene Tage bringt. Daher sind unsere Sommer in den meisten Fällen kühl und nass.

Die Fälle, in welchen das Hochdruckgebiet auf der Westhälfte des Horizontes liegt, sind viel häufiger als solche, in denen das Maximum eine östliche Komponente hat, namentlich zur Sommerszeit.

Der mittlern Luftdruckverteilung entsprechend ist der Typus IV ein Wintertypus. Im eigentlichen Sommer zeigt er ein entschiedenes Minimum, während er im Winter sehr häufig ist.

Auffallend erscheint das starke Hervortreten des Typus III im April, aber diese Thatsache zeigt sich in allen Lustren. Im Sommer kommt dieser Typus verhältnismässig selten vor.

Die mittlere Dauer der Wettertypen war in dem zwanzigjährigen Zeitraume 1876—1895 folgende:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	C	N + NO	O + SO	S + SW	W + NW
Dezember.	1.7	2.2	2.1	1.8	2 1	2.0	2.2	(1.7)	2.2	3.2	2.6	3.2	2.2
Januar. .	2.4	3.0	2.9	1.7	1.8	3.0	2.8	1.5	2.4	4.0	3.9	3.9	3.2
Februar .	2.5	3.2	2.7	2.0	2.7	2.7	2.2	1.5	2 1	4.9	3.2	4.1	2.6
März . .	2.7	3.0	2.4	1.8	1.9	2.0	3.0	1.2	1.8	3.5	2.4	3.2	3.1
April . .	3.3	2.1	2.3	1.3	1.4	1.7	2.8	1.5	1.7	5.0	2.1	2.0	3.2
Mai . .	2.7	2.0	1.7	1.3	1.8	2.1	2.4	2.5	1.9	3.4	2.0	2.5	3.4
Juni . .	2.4	2.0	1.3	(1.4)	1.5	2.4	3.3	2.5	2.2	2.9	2.2	2 8	3.8
Juli . . .	1.6)	(1.2)	1.3	1.5	1.8	2.2	2.9	2.4	2.2	1.5	1.5	2.7	3.3
August .	2.3	1.8	1.3	1.5	1.8	2.1	2.7	(2.3)	2.2	2.8	1.6	3.2	3.3
September	1.9	2.7	1.9	1.5	1.8	1.7	2.8	2.0	2.3	2.8	1.7	2.6	3.0
Oktober .	2.0	2.1	2.5	1.6	1.6	1.8	2.5	2.1	1.8	3.0	3.0	2.7	3.0
November	2.6	2.3	2.5	2.0	1.6	1.7	2.0	1.8	1.8	2.6	2.7	2.4	4.8
Winter .	2.2	2.8	2.6	1.9	2.1	2.4	2.4	1.6	2.2	3.9	3.1	3.7	2.7
Frühjahr .	3.0	2.3	2.2	1.4	1.7	1.9	2.8	1.7	1.8	4.1	2.2	2.6	3.2
Sommer .	2.2	1 8	1.3	1.5	1.7	2.4	3.0	2.4	2.2	2.5	1.7	2.9	3.6
Herbst. .	2.2	2.3	2.4	1.8	1.7	1.7	2.6	2.0	2.0	2.8	2.4	2.5	3.4
Jahr . .	2.5	2.4	2.2	1.7	1.8	2.1	2.6	1.9	2.1	3.4	2.4	2.9	3.3

Die Dauer, also die Erhaltungstendenz der Wettertypen zeigt auch im zwanzigjährigen Zeitraume grosse Verschiedenheiten. Als durch-

schnittliche Dauer ergeben sich etwa drei Tage. Die Erhaltungstendenz ist kürzer, wenn das Hochdruckgebiet über Ost- oder Südeuropa liegt, insbesondere dann, wenn Deutschland selbst vom Hochdruckgebiete überdeckt wird. In der jährlichen Periode zeigt die Kurve für Typus III (N + N O), (ebenso wie für die Häufigkeit) eine auffallende Anschwellung im April, aber sehr geringe Werte im Sommer. Typus IV (O + SO) zeigt im Winter sein Maximum, sein Minimum im Sommer. S + S W ist im Winter und Spätsommer am beständigsten, während W + N W im Frühsommer die grösste Erhaltungstendenz aufweist. Die Dauer der zentralen Lage ist in allen Jahreszeiten verhältnismässig gering und unbedeutend. Wir können hier im allgemeinen die Thatsache konstatieren, dass die Erhaltungstendenz mit der Häufigkeit zunimmt.«

Die Aufeinanderfolge der Wettertypen zeigt manches Gesetzmässige. Am häufigsten folgt:

auf	im Winter	im Frühjahr	im Sommer	im Herbst	überhaupt
N + NO	O + SO	O + SO	S + SW	O + SO	O + SO
O + SO	S + SW	S + SW	S + SW	S + SW	S + SW
S + SW	W + NW	zentral	zentral	W + NW	zentral
W + NW	S + SW	S + SW	zentral	zentral	zentral
zentral	O + SO	O + SO	S + SW	O + SO	O + SO

»Der Witterungscharakter unserer Gegenden ist abhängig von der Häufigkeit und der Beständigkeit der oben besprochenen Wettertypen, wobei allerdings der Einfluss der Jahreszeiten ganz bedeutend ins Gewicht fällt. Jeder Wettertypus wird durch die jeweilige Luftdruckverteilung bedingt, diese ruft wieder bestimmte Luftströmungen hervor, und diese sind je nach den Jahreszeiten von bestimmten Witterungserscheinungen begleitet.

Typus I hat böige, feuchtkalte Winde aus nördlichen Richtungen (namentlich N W-Winde) im Gefolge, daher ist bei seiner Herrschaft auch das Wetter böig und nasskalt. Typus II bringt naturgemäss ruhiges, trockenes, im Sommer sonniges und warmes, im Winter nebliges, oft sehr kaltes Wetter. Man kann ihn Strahlungstypus nennen, obgleich der Lufttransport namentlich bei seinem Zustandekommen immerhin eine grosse Rolle spielt. Typus III führt die kalte, dampfarme Luft aus Russland zu uns herüber, im Sommer ist er warm, im Winter kalt. Gewöhnlich leitet er (zuweilen auch Typus I) unsere strengen Winter ein. Typus IV ist entsprechend den südlichen und südöstlichen Luftströmungen im Sommer warm, ebenso meist auch im Winter je nach den im Südosten unseres Erdteils vorwaltenden Wärmeverhältnissen. Typus V endlich, der häufigste von allen Typen, ist in allen Jahreszeiten nass, im Winter warm, im Sommer kühl.

Typus I (W + NW) weist in allen Monaten des Jahres zu niedrige Temperaturen auf, namentlich in der wärmern Jahreszeit im Juni sogar 92 %. Typus II ist am kältesten im eigentlichen Winter, am wärmsten im Sommer. Ebenso verhält sich der

Typus III. Typus IV zeigt nur im Januar einen Wärmemangel, dagegen in den übrigen Monaten durchweg einen Wärmeüberschuss namentlich in der wärmern Jahreszeit. Typus V ist im Winter warm, dagegen im Sommer kühl.

Im Grunde genommen besagen diese Ausführungen (abgesehen von den Zahlenwerten) nichts was dem praktischen Meteorologen nicht schon längst bekannt wäre. Wenn van Bebber daher meint, auf diesem Wege eine Grundlage für Wetterprognosen auf einige Tage voraus zu geben, so ist dies ein seltsamer Irrtum. Wenn z. B. zur Sommerzeit bei hohem Barometerstande östliche Winde wehen (entsprechend dem Typus III), so weiss man längst, dass alsdann warmes und vielfach heiteres Wetter herrscht, und dieser Witterungscharakter durchweg mehrere Tage andauert. Wichtig aber wäre bestimmen zu können, wann er aufhört, also das Wetter umschlägt. Das aber lässt sich auch aus den »Typen« van Bebber's durchaus nicht ableiten, ja die Fälle, um welche es sich recht eigentlich handelt, nämlich plötzliche Umschläge des Wetters, können meist nicht einmal von heute auf morgen auf Grund der täglichen telegraphischen Wetterdepeschen sicher voraus bestimmt werden, wozu die eigenen Tagesprognosen van Bebber's die besten, nicht wegzuleugnenden Belege bieten. Von einem Nutzen derartiger mehrtägiger Prognosen für die Landwirtschaft kann also gar keine Rede sien.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 47719